This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

**Usage guidelines**

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

**About Google Book Search**

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

**A propos de ce livre**

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

**Consignes d'utilisation**

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

**À propos du service Google Recherche de Livres**

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`

U. E. S. DUPLICATE

# TRAITÉ

DES

# GÎTES MINÉRAUX

ET

# MÉTALLIFÈRES

Have tome I · Lack
(G.C.)

# TRAITÉ

DES

# GÎTES MINÉRAUX

ET

# MÉTALLIFÈRES

RECHERCHE, ÉTUDE
ET CONDITIONS D'EXPLOITATION DES MINÉRAUX UTILES
DESCRIPTION DES PRINCIPALES MINES CONNUES
USAGES ET STATISTIQUE DES MÉTAUX

---

## COURS DE GÉOLOGIE APPLIQUÉE
DE L'ÉCOLE SUPÉRIEURE DES MINES

PAR

Edmond
ED. FUCHS
Ingénieur en chef des Mines
Professeur à l'École supérieure des Mines

L. DE LAUNAY
Ingénieur au Corps des Mines
Professeur à l'École supérieure des Mines

TOME SECOND

PARIS
LIBRAIRIE POLYTECHNIQUE, BAUDRY ET Cie, ÉDITEURS
15, RUE DES SAINTS-PÈRES, 15
MAISON A LIÈGE, RUE DES DOMINICAINS, 7

1893

Tous droits réservés.

54655A

# TRAITÉ

DE

# GÉOLOGIE APPLIQUÉE

## MANGANÈSE

Mn; Eq = 27,50 ; P. at = 55.

**Usages.** — Les deux principaux usages du manganèse sont la *préparation du chlore*, destiné lui-même aux chlorures décolorants, et la *métallurgie* (ferro-manganèse [1], spiegel, fonte Thomas). Le premier emploi a diminué considérablement d'importance par suite de l'adoption générale des procédés de régénération (Weldon, etc.); il peut même disparaître complètement si l'idée, récemment appliquée, d'extraire le chlore des chlorures magnésiens de Stassfurt entre décidément dans la pratique.

On doit ajouter que le manganèse est utilisé, depuis longtemps, à l'état de bioxyde naturel, dans les verreries, sous le nom de *savon des verriers*, à cause de la propriété qu'il a de blanchir le verre (coloré par le fer); en outre, on s'en sert dans la *préparation de l'oxygène* par le procédé Tessier du Motay. Il entre également dans un certain nombre d'*alliages*. C'est ainsi que le cuivre raffiné du Mansfeld, mélangé à 11 p. 100 de manganèse, donne le bronze manganésé susceptible de résister à une forte tension. Avec un mélange de 85 de cuivre, 6 d'étain, 3 de zinc et 3 de cupromanganèse, on a un alliage qu'on peut courber à angle droit sans qu'il y ait de fissure; avec 80 de cuivre, 10 d'étain et 10 de manganèse,

[1] La fabrication du ferromanganèse est presque localisée en Angleterre. L'usine de Saint-Louis près Marseille, une autre à Hambourg en produisent également.



DEXAPR 10 1922

on a un métal très dur, mais encore facile à travailler. Enfin, les *poteries*, les *faïenceries*, les usines fabriquant des *couleurs*, des *piles électriques*, absorbent une certaine quantité de minerai.

Suivant les usages auxquels on les destine, les minerais de manganèse doivent remplir des conditions différentes :

Pour la *fabrication de l'oxygène*, il faut du minerai peroxydé renfermant plus de 75 p. 100 d'oxyde $Mn^2 O^3$; on paye, dans ce cas, l'unité de 1,25 à 1,50.

Pour la *métallurgie*, le minerai est accepté à partir de 30 et même de 20 p. 100; seulement, on demande qu'il contienne, en même temps, 30 p. 100 de fer. On paye, dans ce cas :

| | | | |
|---|---|---|---|
| 0,60 | l'unité de métal | pour une teneur de | 30 p. 100. |
| 1,00 à 1,20 | — | — | 30 à 40 p. 100. |
| 1,20 1,50 | — | — | 40 45 — |
| 1,50 1,80 | — | — | 45 50 — |
| 2 francs | — | — | au delà de 50 — |

Par suite de leur forte teneur qui atteint jusqu'à 92 et 93 p. 100 de pyrolusite, les minerais du Caucase arriveraient à tuer absolument toute autre concurrence s'ils ne contenaient pas, presque toujours, un certaine proportion de phosphore. Or les métallurgistes deviennent de plus en plus exigeants pour cette question du phosphore. La dernière tolérance est de 0,100 p. 100 et encore, à cette teneur en phosphore, les prix de vente sont fort réduits, de 10 p. 100 de ceux du minerai contenant moins de 0,050 p. 100. Les minerais de manganèse, contenant de 0,250 à 0,750, sont à peu près invendables à la métallurgie pour la fabrication des fontes manganésées : il ne leur reste comme débouché que la fabrication des chlorures et ce débouché devient, comme nous l'avons dit, de plus en plus restreint par suite des procédés de revivification du bioxyde.

Enfin les fabricants de *chlorures décolorants* et d'*eau de Javel* achètent d'après le titre chlorométrique, et diminuent leurs prix suivant la teneur en matières étrangères, telles que carbonates, oxydes de fer et généralement toutes substances solubles dans l'acide chlorhydrique. La teneur étalon pour les industries chimiques est de 70 p. 100 d'oxyde de manganèse (44, 25 de Mn). On sait qu'un perfectionnement introduit par Weldon permet, en traitant par la chaux le résidu de l'action de l'acide chlorhydrique

et soumettant à une oxydation, de régénérer un corps noir ayant pour formule $CaO\ MnO^2$ qui peut être employé de nouveau.

**Statistique.** — La *consommation annuelle* de minerais de manganèse de tout genre, à une teneur de 28 à 58 p. 100 de métal, a augmenté, depuis quelques années, dans une proportion assez forte.

La production se répartit entre les divers pays de la façon suivante :

MINERAIS DE MANGANÈSE

| | 1886 | | | 1888 | | | 1889 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Tonnes | Valeur sur place | Prix moyen | Tonnes | Valeur sur place | Prix moyen | Tonnes | Valeur sur place | Prix moyen |
| Russie (Caucase, etc.) | 60 600 | » | » | 74 500 | » | » | 78 000 | | » |
| Prusse (Hesse et Nassau) | 25 000 | 967 000 | 36 | 27 000 | 755 000 | 28 | 44 000 | 1 109 000 | 25 |
| Etats-Unis | 30 700 | 1 430 000 | 47 | 25 900 | 1 313 000 | 51 | 24 600 | 1 046 000 | 42 |
| France | 7 700 | 266 000 | 35 | 11 000 | 304 000 | 28 | 10 200 | 1 305 000 | 30 |
| Grande-Bretagne | 12 763 | » | » | » | » | » | 9 000 | 1 163 000 | 18 |
| Suède | 6 000 | » | » | 9 700 | » | » | 8 600 | » | » |
| Portugal | 17 200 | 970 000 | 56 | 8 300 | 666 000 | 80 | 7 100 | 358 000 | 50 |
| Autriche | 9 200 | 322 000 | 35 | 6 600 | 210 000 | 36 | 3 900 | 169 000 | 43 |
| Espagne | 4 000 | 80 000 | 20 | 2 800 | 73 000 | 26 | » | » | » |
| Italie | 1 000 | 56 000 | 31 | 4 400 | 113 000 | 26 | 2 200 | 51 800 | 24 |
| Canada | 1 620 | 215 000 | 132 | 1 100 | » | » | 1 300 | 165 000 | 125 |
| Nouvelle-Zélande | 600 | » | » | 310 | 23 000 | 74 | 1 100 | 65 000 | 59 |
| Chili (1885) | 4 800 | » | » | » | » | » | » | » | » |
| Belgique (prov. de Liège) | » | | » | » | 227 000 | 206 | » | » | » |
| Grèce | » | » | » | 1 500 | » | » | » | » | » |
| | 179 000 | | | 173 100 | | | 190 000 | | |

Comme le montre le tableau précédent, près de la moitié de la production totale est fournie par la *Russie*, c'est-à-dire par le Caucase ; ces minerais du Caucase arrivent jusqu'en France, par l'Allemagne, faire concurrence à nos minerais, généralement assez pauvres. Leur teneur atteint 90 p. 100 de bioxyde.

En *Prusse*, la production se répartit ainsi, pour une année (1885) :

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Wiesbaden (Hesse) . . | 11 825 tonnes | valant | 360 000 | francs. |
| Coblentz (Nassau) . . | 2 400 — | — | 43 000 | — |
| Cassel (Hesse) . . . . | 500 — | — | 17 000 | — |

Aux *États-Unis*[1], les statistiques ne comptent comme minerais de manganèse que ceux qui renferment plus de 70 p. 100 de bioxyde, soit 44,252 de manganèse métal, teneur exigée par les

[1] *Mineral Resources*, 1886, p. 180 ; 1887, p. 144 ; 1888, p. 123 ; 1889-90, p. 127.

usines de produits chimiques d'Angleterre. Au-dessous de cette teneur, les minerais sont comptés comme minerais de fer manganésifères; ces derniers proviennent pour la plupart du lac Supérieur, en particulier de la mine Colby, en Michigan. Cette région en fournit 70 à 100 000 tonnes dont 40 à 60 000 à 7 p. 100 de manganèse au plus et le reste à 9 p. 100. En outre, il existe, aux Etats-Unis, dans les Montagnes Rocheuses (Montana et Colorado), des minerais de fer manganésifères riches en argent auxquels la présence du manganèse donne une valeur spéciale en agissant comme fondant[1]. En 1887, la proportion en était de 66 000 tonnes, à 49 francs la tonne; en 1890, de 71 000 tonnes.

Les minerais de manganèse proprement dits se divisent entre les États de la façon suivante :

| | 1880 | 1882 | 1884 | 1886 | 1887 | 1888 | 1889 | 1890 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Virginie. . . . . | 3 722 | 3 031 | 9 149 | 20 929 | 20 165 | 17 940 | 14 859 | 12 910 |
| Arkansas . . . . | » | 178 | 813 | 3 371 | 5 745 | 4 383 | 2 570 | 5 427 |
| Géorgie. . . . . | 1 350 | 1 016 | » | 6 141 | 9 174 | 5 630 | 5 294 | 761 |
| Autres États. . . | 300 | 381 | 406 | 273 | 14 | 1 699 | 1 875 | 7 011 |
| Totaux . . . | 5 852 | 4 606 | 10 368 | 30 714 | 35 098 | 29 652 | 24 598 | 26 109 |

En *France*, sur la production totale de 16 000 tonnes, en 1890, les sept huitièmes sont fournis par les mines de Romanèche et du Grand Filon (Saône-et-Loire), le reste par quelques gisements de l'Aude, l'Indre, l'Ariège[2], etc. Voici d'ailleurs le relevé statistique pour 1890 :

| | POIDS en tonnes | PRIX MOYEN en francs | VALEUR en francs |
|---|---|---|---|
| Saône-et-Loire (Romanèche) . . | 14 114 | 27,47 | 387 801 |
| Aude (Caunes) . . . . . | 1 006 | 28,34 | 28 524 |
| Indre . . . . . | 535 | 42,72 | 22 861 |
| Allier (Saligny). . . . . | 219 | 22,06 | 4 832 |
| Totaux . . . . . | 15 984 | 28,00 | 447 584 |

[1] Voir p. 266, le gisement de Granite Mountain en Montana.

[2] On exploite, dans l'Aude, de la pyrolusite à 3 kilomètres à l'Ouest de Caunes; dans l'Ariège, à Rimont, du carbonate de manganèse (80 tonnes à 30 fr. en 1890).

En *Angleterre*, la production de minerais de manganèse a varié considérablement dans ces dernières années. En 1873, elle était de 8 254 tonnes ; en 1875, de 3 725 ; en 1882, elle tombe à 1 548, à 1 287 en 1883, 1 688 en 1885 ; puis, en 1886, par suite de l'utilisation de gîtes situés dans le cambrien du Merionetshire (11 285 tonnes), elle remonte à 12 763 tonnes, à 13 054 tonnes en 1887.

Mais l'Angleterre absorbe, en outre, pour son industrie, une proportion de minerais de manganèse, qui a été : en 1859, de 25 536 tonnes ; en 1869, de 51 517 ; en 1879, de 12 172 ; en 1886, de 47 581 tonnes.

En *Portugal*, les mines de manganèse, après avoir été un moment assez nombreuses, ont une tendance à décroître.

En *Espagne*, la région de Carthagène produit une assez forte proportion de minerais de fer plus ou moins manganésifères à 10 ou 20 p. 100 de manganèse avec 20 à 35 p. 100 de fer, minerais associés avec des hématites. Ils ne sont utilisés que lorsque la teneur en silice ne dépasse pas 10 p. 100. Les minerais sont exportés surtout en Angleterre, un peu à Cette.

La province de Huelva[1] contient également, dans le silurien et le carbonifère, autour d'El Alosno, Castillejo, S. Bartolomé, à l'Est du R. Odiel, de très nombreux filons de manganèse.

En *Sardaigne*, le gîte de San-Pietro (Capo-Rosso), aujourd'hui abandonné, a produit en tout environ 50 000 tonnes (4 900 tonnes en 1881).

En *Nouvelle-Zélande*, les premières exploitations de manganèse ont été faites près de Russel et, plus au Nord, à Waiheki. Le minerai, après triage à la main, contient 75 p. 100 d'oxyde de manganèse.

La production a été :

| 1878 | 1879 | 1880 | 1881 | 1882 | 1883 |
|---|---|---|---|---|---|
| 2 576 t. | 2 170 t. | 2 651 t. | 1 277 t. | 2 217 t. | 390 t. |

La *Grèce* produit, au Laurium, une certaine quantité de minerais de manganèse à 18 ou 19 p. 100 de manganèse et 34 à 35 p. 100 de fer. D'après une statistique américaine, la production, en 1885, serait montée à 29 000 tonnes.

[1] Voir une carte au chapitre du *Cuivre* (Rio-Tinto) et Davies, p. 299.

Au *Chili*, on a découvert, depuis quelques années, de grands gisements de manganèse : d'abord dans la province de Santiago (mines aujourd'hui abandonnées) ; puis dans celle de Coquimbo qui a fourni, en 1885, 4 000 tonnes à 50 p. 100 de manganèse exportées en Angleterre. Les minerais sont superficiels et d'une exploitation facile. En 1886, on en aurait exporté, en Angleterre, 38 000 tonnes.

**Prix du manganèse.** — Les *prix du manganèse* ont assez fortement varié.

Jusque vers 1840, on employait peu de manganèse, seulement pour les verreries et pour la fabrication du chlorure de chaux. Les sources étaient : Tavistock en Devonshire, Launceston en Cornwall, un peu le Harz et le Piémont. L'exploitation, quoique coûteuse, était, à ce moment, très rémunératrice ; mais la découverte de grands gisements en Allemagne obstrua à tel point le marché, que les mines anglaises durent fermer. Le prix fut alors de 200 francs la tonne pour un minerai à 70 p. 100 d'oxyde (teneur étalon pour les usages chimiques) ; puis il baissa peu à peu, avec la découverte de gisements en Espagne, jusqu'à 74 francs la tonne en 1865, et les mines allemandes durent fermer à leur tour. Ces gisements espagnols, limités et superficiels comme beaucoup de gisements de manganèse, s'épuisèrent : en même temps, la métallurgie commença à employer le manganèse ; il y eut une demande à laquelle les mines ne purent suffire, et, par suite, une hausse. Mais le résultat naturel de cette hausse fut, d'une part, qu'on chercha et trouva des mines de manganèse de tous côtés ; d'autre part, qu'on s'efforça d'économiser le manganèse et qu'on découvrit les procédés de régénération pour la fabrication du chlore. En 1881, le minerai à 70 p. 100 valait, aux Etats-Unis [1], 86,50, avec 2,60 par unité en plus. En 1886, le prix tomba à 80.

**Minerais et gisements du manganèse.** — Les *minerais* de manganèse sont, avant tout, la *pyrolusite* ($MnO^2$) ; puis la *braunite* ($Mn^2O^3$), la *hausmannite* ($Mn^3O^4$), l'*acerdèse* ($Mn^3O^3HO$), la *psilomélane* (manganèse oxydé barytique), la *dialogite* (carbonate), la *rhodonite* (silicate) et la *friedélite* (silicate hydraté).

[1] Nous empruntons cet historique aux *Mineral Resources*, 1886, p. 208.

Le manganèse, par ses propriétés comme par son poids atomique, se rapproche beaucoup du fer ; on retrouve quelque chose de cette analogie dans ses *gisements*.

Ceux-ci, quoique assez variables, peuvent être rapportés à quelques types principaux :

1° Filons de pyrolusite avec gangue calcédonieuse et dépôts de silicate de manganèse (Hautes-Pyrénées), ou de carbonate de manganèse (Merionetshire, Ariège) : à rapprocher des filons d'hématite, des épanchements ferrugineux de l'île d'Elbe ou de la Tafna et des gîtes de sidérose ;

2° Couches sédimentaires : soit imprégnations, comme dans certains gisements américains, soit minerais oolithiques ;

3° Concentration locale dans des argiles, limons et dépôts récents sous l'influence des infiltrations d'eau superficielles ou des actions météoriques (Nassau, Amérique).

Nous ferons seulement remarquer que les gîtes du premier type jouent peut-être, dans la nature, un rôle relativement plus important que pour le fer ; cependant, aujourd'hui, la grande production est, comme pour le fer, donnée par des couches oolithiques, celles du Caucase.

Ces divers gîtes de manganèse peuvent être d'âges très différents :

A Saint-Marcel, en Piémont, ils sont encaissés dans le gneiss ; en Amérique, les hématites huroniennes du lac Supérieur, le grès de Potsdam cambrien sont, en différents points, manganésifères ; dans les Hautes-Pyrénées, nous avons des couches dévoniennes ; le gîte de Romanèche, en Saône-et-Loire, et, sans doute, beaucoup de filons du Plateau Central sont infraliasiques ; dans le Caucase, ce sont des dépôts oolithiques éocènes ; à Ciudad-Réal (Espagne), en Serbie, ce sont des formations miocènes ; au Capo-Rosso, en Sardaigne, l'épanchement manganésifère s'est intercalé, pendant le tertiaire, entre deux coulées de trachyte.

Quelle est l'*origine chimique de ces dépôts* de manganèse ?

Boussingault avait supposé, d'une manière générale, que le manganèse provenait de sources ayant contenu des carbonates de manganèse et fer en dissolution sous l'action de l'acide carbonique en excès et les ayant précipités en perdant leur acide carbonique. Grüner avait admis la même explication pour les gîtes des

Hautes-Pyrénées. Cette dissolution en carbonate peut être applicable aux concentrations superficielles du manganèse et à ses dépôts oolithiques en mers profondes; mais, pour les filons et épanchements, il semble, au contraire, dans la plupart des cas, que le manganèse ait été apporté par des eaux acides chargées de silice et qu'il ne se soit précipité à l'état d'oxyde, et surtout de carbonate, que par la réaction d'une base, en particulier d'un calcaire voisin.

M. Chamussy, directeur des mines de Romanèche, étudiant, dans le laboratoire, l'action d'une base sur une liqueur acide de sels de fer et de manganèse, a remarqué que la plus grande partie du fer à l'état de sesquioxyde commençait par se précipiter et qu'il s'écoulait ensuite un temps assez long avant le dépôt des bases protoxyde et bioxyde (fer, manganèse) ; il en a conclu que, dans un filon donné, la richesse en manganèse devait se trouver surtout dans la partie supérieure, la dernière déposée, et que le fer devait dominer en profondeur : ce qui semble fréquemment se vérifier dans la pratique.

Cependant, à côté des venues manganésifères acides, il a dû se produire, parfois, de même que nous le constatons pour le fer, des dissolutions à l'état de carbonate, suivant l'hypothèse de Boussingault, et c'est peut-être l'origine à laquelle il faut rattacher les gîtes du cambrien d'Angleterre, ainsi que certains dépôts oolithiques. A ce dernier point de vue, les résultats de l'expédition du Challenger [1] ont donné des indications précieuses.

D'après Wyville Thomson, le peroxyde de manganèse en grains, concrétions, nodules, etc., est très abondant dans les boues à globigérines et à radiolaires formées au-dessous de 900 mètres, ainsi que dans les argiles des mers profondes. Des concrétions d'oxyde de manganèse entourent souvent, plus près du rivage, des dents de squale, des éponges siliceuses, des radiolaires, etc. Ce manganèse semblerait particulièrement abondant dans les endroits où l'on trouve des débris de lave augitique. Il résulte là probablement d'une dissolution de carbonate qui, au voisinage de la

[1] Wyville Thomson. *Challenger expedit.*, 1878; cf. *Ann. d. M.*, 7e, XIII, 505.

surface, a donné, en se décomposant, du peroxyde microscopique resté longtemps en suspension et entraîné au loin.

## GÎTE DE SAINT-MARCEL, EN PIÉMONT

*(Amas manganésifères dans le gneiss.)*

On exploite, depuis plus d'un siècle[1], dans le Val-d'Aoste et le Val-Tournanche, en Piémont, un groupe de gisements manganésifères, situés dans une région fortement minéralisée, où les Romains avaient déjà commencé à extraire de la pyrite de fer cuivreuse.

Les principales mines sont : Saint-Marcel, bien connu des minéralogistes pour les minéraux très spéciaux qu'on y rencontre ; Tourgnon, Val-Tournanche et Bardonèche.

Le gisement de Saint-Marcel, décrit au siècle dernier par de Saussure, est situé dans un massif de gneiss à bancs peu inclinés. Le manganèse, dont l'origine est assez obscure, formait autrefois un grand amas dont on recherche aujourd'hui les ramifications. Cet amas se présente comme interstratifié dans les couches de gneiss : aux affleurements, il avait une épaisseur de 5 mètres ; mais il diminue progressivement à mesure qu'on s'enfonce en galeries et ne doit pas dépasser 100 mètres de longueur. Sa pente est d'environ 20°.

Le minerai se compose d'oxydes de manganèse, en particulier de braunite (marceline), avec de la hausmannite et de la pyrolusite. Ces oxydes, souvent très bien cristallisés, sont accompagnés de carbonate de manganèse rouge et de grenat (spessartine). En outre, tous les éléments du gneiss au contact, mica, épidote, etc., ont été pénétrés de manganèse et ont recristallisé ainsi, sous forme de minéraux manganésifères exceptionnels, tels que la rhodonite, la piémontite (épidote manganésifère), etc.

[1] Au siècle dernier, ces gisements fournissaient du manganèse aux verriers de Venise et du Sud de la France.

*Bibliographie.*

1796. De Saussure. — Voyage dans les Alpes, t. VIII, p. 229 (Neuchâtel).
Baretti. — Stud. geol. sul gruppo del Gran Paradiso. — *Mem. R. Ac. Lincei*, 3, 1, 303. (Ce mémoire contient des analyses de Berthier, Berzelius, Napione, etc.)
1882. De Launay. — Notes de voyage inédites.
*1883. D'Achiardi. — I Metalli, etc., t. II, p. 351.
1887. Davies, p. 298.

## MANGANÈSE DE BARMOUTH ET HARLECH

### (MERIONETSHIRE, ANGLETERRE)

(*Bancs de carbonate de manganèse dans le cambrien.*)

On a commencé à exploiter sur une grande échelle en 1886, dans le Merionetshire[1], des gisements importants de carbonate de manganèse situés dans le cambrien.

Les terrains encaissants sont des quartzites et des grès gris, parfois feldspathiques ; le minerai forme trois veines, dont l'une, dirigée N.-S., a 3 kilomètres de long, les deux autres, plus au Nord, 1 500 mètres. De 1835 à 1840, on avait exploité, aux affleurements, de l'oxyde noir de manganèse. En 1855, M. Halse reconnut que les veines étaient composées, en réalité, de carbonate de manganèse, minéral dont on ne connaissait jusque-là d'autre gisement exploitable que dans le silurien supérieur de Chevron, Belgique[2].

A la mine de Harlech, le minerai est composé de bancs zonés gris, jaunes, bruns, formant, au milieu de quartzites, une veine d'environ 0,60. A la mine Moelfre, l'épaisseur est plus faible, le gisement extrêmement contourné ; à la mine Hafodty, la teneur est de 30 à 32 de manganèse avec 18 à 19 p. 100 de silice. Le prix, à Barmouth, est d'environ 38 francs la tonne.

Il est possible qu'il faille rapprocher ces gisements, sur les-

[1] Voir une carte figure 53, t. I, p. 360.

[2] Nous en signalerons un exemple dans l'Ariège, p. 12.

quels nous manquons de détails géologiques précis, de ceux des Hautes-Pyrénées [1].

*Bibliographie.*

1887. Ed. Halse. — The occurrence of Manganese ore in the cambrian Rocks of Merionetshire. (*Transactions of the North of England Institute of mining and mechanical Engineers*, t. XXXVI, p. 103. Newcastle, upon Tyne, 1887.)

*1886 et 1887. *Mineral Resources* des États-Unis.

Nous noterons également ici, pour indiquer leur place dans la série, les minerais américains de Virginie dont l'origine semble devoir être cherchée dans des grès de Potsdam (cambrien) décomposés, mais qu'on exploite, en réalité, dans des argiles quaternaires et dont nous renvoyons, par suite, la description [2].

## MANGANÈSE DES HAUTES-PYRÉNÉES

(*Veines de silicate de manganèse intercalées dans le dévonien.*)

Il existe, dans les Hautes-Pyrénées, un certain nombre de gisements de manganèse, aujourd'hui abandonnés, qui ont fait l'objet d'une étude récente de M. Beaugey. Les principales concessions sont *Germ*, *Loudervielle* et la *Serre d'Azet*.

L'ensemble de la région est constitué de terrains *dévoniens* dont la coupe serait, de bas en haut, d'après M. Caralp :

1° Calcschites avec calcaires satinés ;
2° Schistes argileux, parfois ardoisiers, à trilobites et schistes ardoisiers à néréites ;
3° Calcaires à encrines ;
4° Calcaires à goniatites.

Les gîtes de manganèse se trouvent dans l'assise 2, parfois à ses contacts avec les couches 1 et 3.

Ces schistes contiennent un certain nombre de bancs interstratifiés d'une roche pétrosiliceuse appelée *génite*, composée de quartz

[1] Voir plus loin, même page.
[2] Voir page 30.

calcédonieux avec un peu de rutile et d'apatite, dont l'épaisseur varie de quelques centimètres à plusieurs mètres. Certains de ces bancs, rigoureusement interstratifiés et probablement contemporains des roches encaissantes, se chargent de silicates de manganèse, de rhodonite et de friedélite finement rubanées. L'une de ces couches de rhodonite et quartz affleure, par exemple, à Barlesta et il est naturel d'attribuer sa formation à des dépôts silicatés manganésifères de l'époque dévonienne[1]. Au milieu de cette rhodonite, les oxydes de manganèse remplissent des poches accompagnées d'un peu de carbonate de manganèse cristallisé. On admet que ce carbonate résulte de l'action de l'acide carbonique de l'air sur le silicate. En outre, comme dans tous les gisements de manganèse, on trouve des poches d'argile.

A *Rimont* (Ariège)[2], on exploite assez activement, depuis 1890, des amas de carbonate de manganèse intercalés dans le dévonien. Ce carbonate, qu'on avait d'abord pris pour un calcaire rose et jeté dans les haldes, doit peut-être son origine à une décomposition superficielle de rhodonite. Le gisement est à rapprocher de ceux du Merionetshire décrits plus haut[3].

*Bibliographie.*

GRÜNER. — (*Ann. d. M.*, 4e série, t. XVIII, p. 61.)

CARALP. — Etudes géologiques sur les hauts massifs des Pyrénées-Centrales.

*1889. BEAUGEY. — (*B. S. G.*, 6 juin 1889, 3e, t. XVII, p. 297.)

## DEVONSHIRE, CORNWALL, NORTHWALES

(*Veines dans le silurien, amas dans le dévonien.*)

Nous avons parlé, plus haut, des manganèses anglais intercalés dans le cambrien. Dans le Devon et le Cornwall, on trouve le manganèse en veines dans le silurien ou en amas intercalés dans le dévonien et paraissant contemporains de sa formation. Dans

[1] Comparer les silicates de manganèse argentifères du Montana, p. 268.

[2] Renseignements communiqués par M. Lacroix.

[3] Page 10.

le Northwales, un amas, exploité près d'*Abergele*, est situé à la base du calcaire dévonien, au-dessus des schistes siluriens de

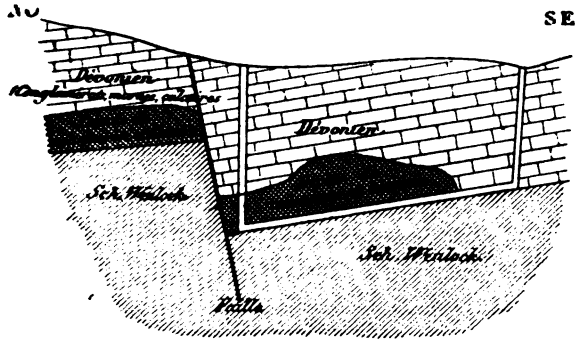



Fig. 163. — Coupe théorique de la mine de manganèse et hématite de Nantuchat près Abergele (Northwales).

Wenloch, dans des conditions qui rappellent les amas calaminaires. Il est mélangé à de l'hématite [1].

## MANGANÈSE DE ROMANÈCHE (SAÔNE-ET-LOIRE)

(*Filons de psilomélane d'âge infraliasique.*)

Les gisements de manganèse de Romanèche ont été découverts vers 1750 ; cependant les concessions de Romanèche et du Grand-Filon ne datent que de 1823 ; elles fournissent aujourd'hui la plus forte partie du manganèse français. La mine de Romanèche est située à la limite Est du massif granitique de Fleurie et de terrains sédimentaires, infralias et calcaire à gryphées, qui reposent sur lui et que recouvre eux-mêmes le tertiaire.

Le gisement comprend :

1° Deux filons parallèles, dits petit filon, n° 1 et petit filon n° 2 dirigés N. 35° E. et complètement encaissés dans le granite ;

2° Un gîte de contact, dit le Grand-Filon, qui unit les deux petits filons et qui est renfermé tout entier dans une faille entre le gra-

[1] De la Bèche. *Geol. report of Cornwall and Devon*, p. 609.

nite et le terrain tertiaire, représenté, à son toit, par des argiles;

3° Divers amas d'allure différente, paraissant résulter d'épanchements latéraux et dont le plus important, découvert en 1847, repose sur les grès arkoses de l'infralias et a, comme toit : en certains points, le calcaire à gryphées; ailleurs, des argiles ou sables rattachés au même étage.

Les petits filons sont exploités jusqu'à 120 mètres de profondeur par le puits des Métériers et celui des Verchères. Leur largeur est extrêmement variable. Ils se réduisent quelquefois à l'état d'un

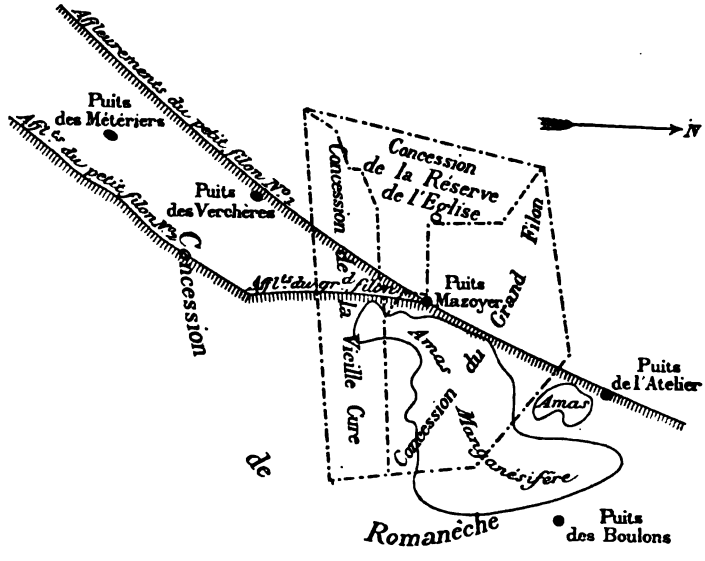



Fig. 164. — Croquis d'ensemble des mines de manganèse de Romanèche (d'après M. Chamussy).

simple joint stérile et atteignent, en d'autres points, 5 à 6 mètres d'épaisseur. Le toit et le mur ne sont marqués que dans quelques parties richement minéralisées; le granite est généralement très altéré au contact; souvent le filon est composé d'une multitude de veines formant, dans le granite, un véritable stockwerk : cette irrégularité rend les travaux d'exploitation assez difficiles. L'inclinaison varie de 70 à 80°.

En outre des ramifications du filon même, on rencontre, au toit et au mur, un certain nombre de croiseurs minéralisés, parfois exploitables, dirigés n° 5.

Le grand filon, au contraire, a un mur très régulier, en granite ; son inclinaison est d'environ 70° vers l'Est; le minerai a une épaisseur assez forte de 5 à 8 mètres, mais il est de qualité bien inférieure à celle des petits filons.

L'amas permet de préciser l'âge de la venue manganésifère, certainement infraliasique, car c'est une formation contemporaine des filons et non, affirme-t-on, un produit de leur démantèlement postérieur : on n'y a, en effet, jamais trouvé trace des particules granitiques qui abondent dans les filons.

Ces amas ont été presque complètement dépilés avant 1878 ; le puits, dit des Boulons, qui en cherche aujourd'hui le prolongement, a donné une coupe du tertiaire, du lias, de l'infralias et des marnes irisées.

Le *minerai* des divers gisements est de la psilomélane (oxyde hydraté barytifère). Il est, en général, très dur et raye souvent le verre ; on y trouve fréquemment des géodes qui fournissent des échantillons mamelonnés bien connus.

La teneur des minerais est la suivante :

| | OXYDE ROUGE de manganèse | OXYGÈNE en excès | EAU | BARYTE | FER | SILICE | ALUMINE | CHAUX | MAGNÉSIE |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Minerai moyen . . | 70,30 (44.25 de manganèse métal) | 6,70 | 4,60 | 12,80 | 5,60 | | | | |
| Minerai inférieur . | 60,00 (38.40 de manganèse métal) | 11,00 | » | 13,45 | 4.20 | 7,00 | 2,22 | 0,60 | 0,60 |

Les gangues des minerais sont, en outre des roches avoisinant et encaissant les gisements, du quartz, de la fluorine, de l'oxyde de fer, de la baryte sulfatée, avec, accidentellement, de l'arséniosidérite et des oxydes de manganèse arsénifères[1].

Les mines de Romanèche occupent, en moyenne, une centaine d'ouvriers. En 1888, elles ont, avec les mines du grand filon, produit 9500 tonnes, se répartissant comme suit : 400 tonnes à 45 p. 100 de manganèse ; 3000 à 30 ou 35 p. 100 et 6100 à 15 p. 100[2].

[1] Dont M. Lacroix a commencé l'étude.

[2] En 1881 la production était de 10 870 tonnes valant 365 632 francs.

La proportion des minerais pauvres tend malheureusement à augmenter depuis quelques années.

Ces minerais sont employés : les meilleurs aux usines de produits chimiques ; les autres aux usines à fer pour la fabrication des ferro-manganèses, du spiegel, des fontes Thomas. Leur prix varie beaucoup, suivant la teneur en métal, entre 15 et 95 francs ; il est, en moyenne, d'une trentaine de francs.

*Bibliographie.*

1796. Dolomieu. — (*Journal des mines.*)
1829. Bonnard. — (*Ann. des sc. nat.*, p. 285, et 1833. V. *Leonhards Jahrb.*, p. 562.)
1862. Delafosse. — Cours de minéralogie, 3, 56.
1889. Davies, p. 302 (coupe théorique et profil en long).
1890. Chamussy. — Renseignements inédits.

On peut rapprocher du type filonien de Romanèche un grand nombre de filons de quartz et pyrolusite, généralement sans importance industrielle, qu'on rencontre dans le *Plateau Central* et le *Morvan*.

C'est ainsi qu'aux *Gouttes-Pommiers*, près Saligny (Allier)[1], une concession, abandonnée depuis quelques années, porte sur un filon de pyrolusite avec quartz jaspé rouge et jaune, traversant les schistes mâclifères de Saint-Léon et des marbres rattachés par M. Michel Lévy au cambrien. Aux affleurements, des sables à cailloux pliocènes, qui recouvrent la région, contenaient des concentrations de fer et de manganèse qui ont été autrefois exploitées.

Près de *Luzy* (Nièvre), on a demandé, en 1886, la concession d'un filon de pyrolusite de 0,40 de large traversant le granite, etc.

En *Allemagne*, le type filonien est également représenté, en divers points, par des filons de pyrolusite, calcite et barytine encaissés dans des roches très diverses et qu'il est, par suite, difficile de considérer, avec V. Groddeck, comme des gîtes de sécrétion.

[1] Sur les *Gouttes-Pommiers* : 1882. Chamussy. — Gîtes de manganèse de Saligny (Allier).
1884-1889. L. de Launay. — Notes de voyage inédites.

Les plus importants sont ceux d'*Ilfeld*[1] (Harz), qui traversent une nappe de porphyrite, intercalée au milieu du grès rouge et qui, par suite, sont, au moins, triasiques. Les filons, dont la puissance varie de quelques centimètres à $0^m,30$, ont une forte inclinaison, de 60 à 80°. Les minerais sont, tantôt compacts, tantôt cristallisés : acerdèse dominante, souvent cristallisée ; pyrolusite, braunite, hausmannite, psilomélane et wad avec gangue de barytine, calcite et braunspath.

Ces veines n'ont jamais pu être exploitées au-dessous de 20 mètres de profondeur, parce qu'elles devenaient stériles. La porphyrite d'*Ilfeld* renferme, d'ailleurs, aussi des veines d'hématite rouge et de barytine.

Dans le *Thuringerwald*[2], il y a également quelques gîtes assez importants : Rumpelsberg et Mittelberg près d'Elgersburg. Les filons, encaissés dans le porphyre, sont remplis de pyrolusite, psilomélane, wad, etc., rarement d'arcerdèse, et contiennent de nombreux fragments des épontes. Quelquefois la disposition est nettement géodique ; il existe de fréquentes ramifications latérales et l'on n'a pas encore observé que les filons soient limités en profondeur.

## MANGANÈSE DU CAUCASE (KVIRIL, TCHIATOURA)[3]

(*Gîtes oolithiques sédimentaires éocènes.*)

Les principaux gisements de manganèse du Caucase se trouvent sur les deux versants de la vallée du Kvirila, au voisinage

[1] Sur *Ilfeld* :
1853. Kerl. — (*Berg. u. H. Zeit.*, p. 148.)
1870. Erläuterung z. geol. Special Karte von Preussen (feuille de Nordhausen).
1884. Groddeck, p. 207, et Cotta, p. 88.

[2] Sur le *Thuringerwald* :
1843. Credner. — Geol. verh. d. Thüringerwaldes u. des Harzes, p. 130.
1884. Groddeck, p. 207.

Cf. : Sur le *Siebengebirge*. — *Z. d. d. geol. Gesell.*, 1852, t. IV, p. 576, et *B. u. H. Z.*, 1853, p. 741 (manganèse dans le trachyte).
Sur *Stelberg*, sur la *Rhön*. — (*B. u. H. Z.*, 1854, p. 62.)
Sur *Wittichen* (forêt Noire). — Sandberger : Neues Jahrb. f. Miner., 1869, p. 208 (manganèse dans le granite).

[3] Coll. *Ecole des Mines*, 1940.

du village de Tchiatoura (gouvernement de Koutaïs), en Transcaucasie.

La station de chemin de fer la plus voisine est celle de Kviril,

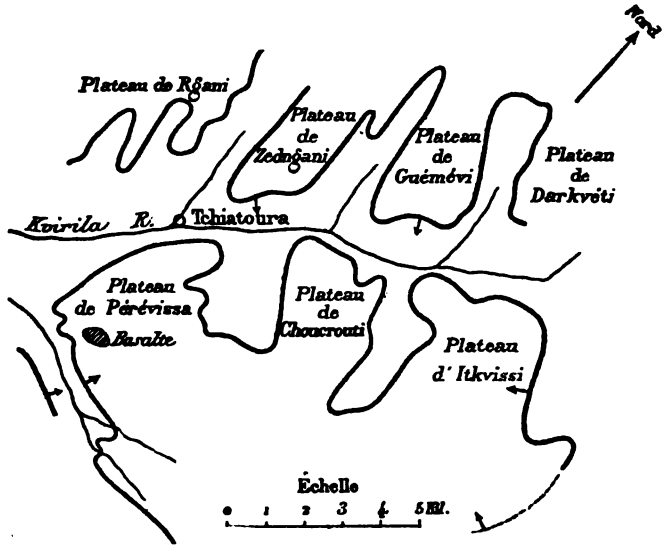



Fig. 165. — Plan de la région de Tchiatoura (Kviril).

sur la ligne de Tiflis-Poti, à 126 kilomètres de Poti. La distance des mines à Kviril est de 42 kilomètres.

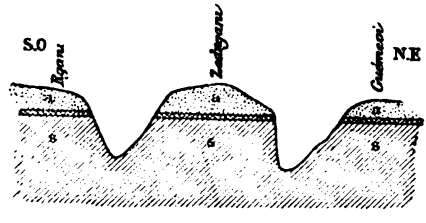



Fig. 166. — Coupe N.-E.-S.-O. des gisements de manganèse de Tchiatoura.

Le minerai de manganèse forme une série de lits dans des grès et sables tendres *éocènes* à Lamna elegans [1]. Ces sables reposent

[1] Telle est, du moins, l'opinion adoptée sur la carte géologique du gisement de Koutaïs ; MM. Abich et Siminowitch classent, au contraire, la couche manganésifère à la base de l'étage sarmatique.

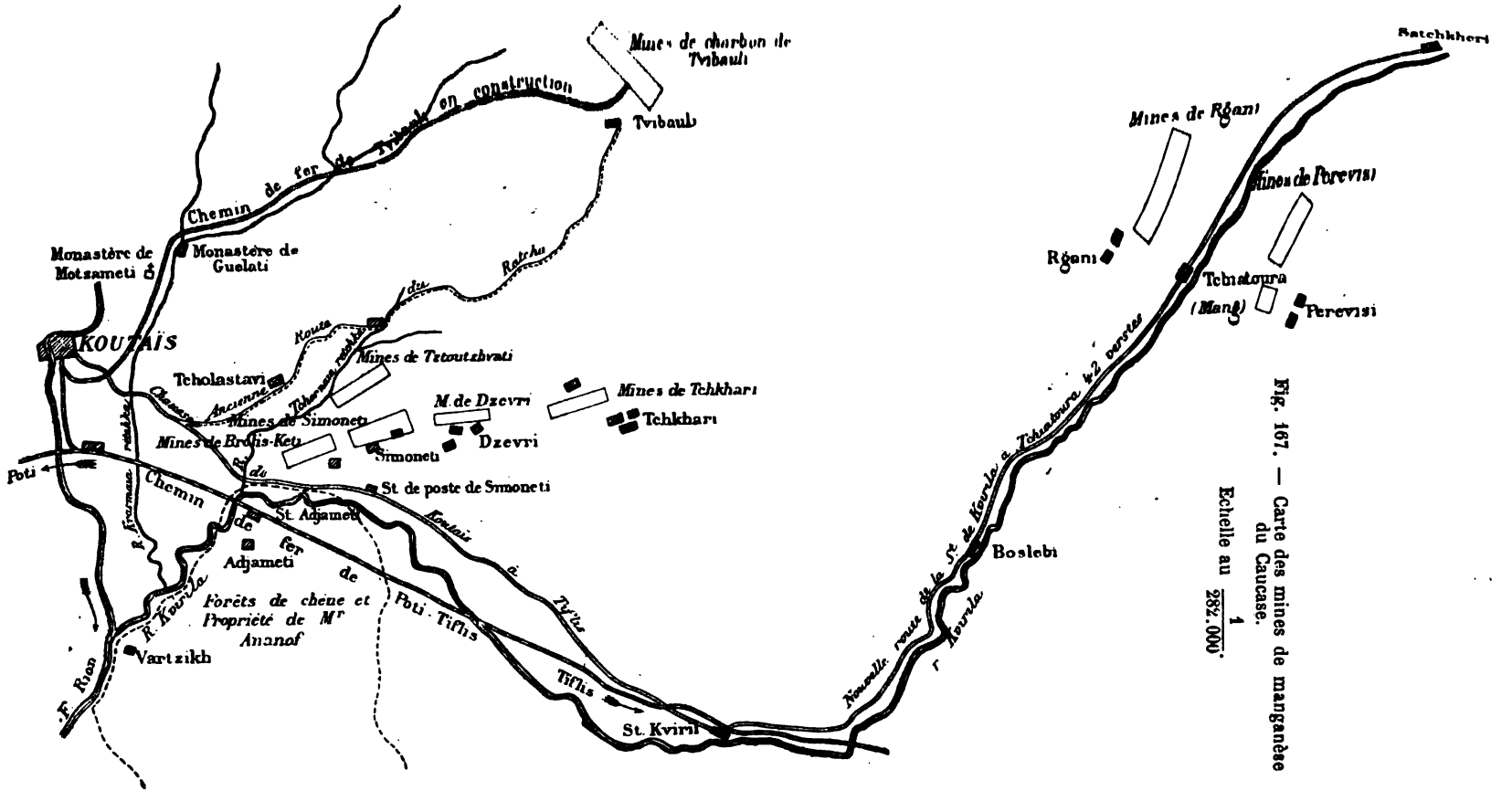



Fig. 167. — Carte des mines de manganèse du Caucase.

Echelle au $\frac{1}{282.000}$.

sur des calcaires et des marnes sénoniens avec Ananchytes ovata et sont surmontés par d'autres sables et bancs calcaires avec fossiles miocènes de l'étage sarmatique.

Les lits de manganèse, d'assez faible épaisseur, sont presque horizontaux avec une pente de 2 à 3 degrés vers le Nord-Est.

On trouve, en allant de haut en bas :

| | | |
|---|---|---|
| 1). | Minerai de manganèse mêlé d'argile . . . . . | 0m,40 |
| 2). | — en concrétions de 0m,02. . | 0 52 |
| 3). | Manganite ou acerdèse avec concrétions. . . . . | 0 52 |
| 4). | Minerai oolithique. . . . . | 0 20 |
| 5). | Sable argileux avec talc . . . . . | 0 09 |
| 6). | Minerai oolithique fin avec beaux morceaux. . . | 0 20 |
| 7). | Principale couche de pyrolusite, très riche. . . . | 0 53 |
| 8). | Manganite avec rares morceaux de bon minerai. | 0 23 |
| 9). | Couche dure de minerai de seconde qualité. . . | 0 20 |
| | Total. . . . . | 2m,80 |

On voit donc que le minerai se compose d'une série de couches dont la puissance varie de 0m,15 à 0m,75, formant un total de 2 à 5 mètres et composées, tantôt d'acerdèse et de pyrolusite pulvérulente, tantôt de pyrolusite en grains oolithiques analogues aux minerais de fer du Berry, tantôt enfin d'argiles avec rognons de pyrolusite.

La composition de la couche résulte des analyses suivantes :

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Eau . . . . . | 2,40 | 1,61 | 1,20 | 0,74 | 1,26 |
| Silice. . . . . | 4,49 | 6,67 | 2,88 | 0,74 | 1,69 |
| Alumine . . . . . | 1,68 | 2,14 | 2,34 | 1,12 | 1,27 |
| $Fe^2O^3$ . . . . . | 0,53 | 0,03 | | | 0,26 |
| $MnO^2$ . . . . . | 85,67 | 85,77 | 84,90 | 94,32 | 91,23 |
| MnO. . . . . | 1,98 | 0,80 | 2,50 | 1,82 | 2,40 |
| CaO . . . . . | 0,76 | 0,87 | 0,33 | traces | 0,58 |
| MgO. . . . . | 0,20 | 0,24 | 0,32 | 0,20 | 0,31 |
| BaO . . . . . | 0,88 | 0,68 | 3,11 | traces | traces |
| $SO^3$ . . . . . | » | » | 1,19 | » | » |
| $PhO^5$. . . . . | 0,42 | 0,40 | 0,35 | 0,06 | 0,08 |
| Total. . . . . | 99,01 | 99,21 | 99,12 | 99,00 | 99,08 |
| Mn. . . . . | 55,70 | 54,83 | 56,60 | 61,05 | 59,53 |
| Ph. . . . . | 0,18 | 0,17 | 0,15 | 0,03 | 0,035 |
| Cu. . . . . | » | » | traces | traces | traces |
| Résidu insoluble. . . . . | 5,71 | 8,10 | 7,17 | 0,74 | 1,69 |

La couche a été reconnue sur 120 kilomètres carrés, donnant un

minimum de deux tonnes au mètre carré. Le quart de cette masse serait 50 millions de tonnes.

En outre de ces couches, le minerai forme quelquefois des filets intercalés dans les mêmes grès ou encore dans les calcaires.

L'origine de ce dépôt de manganèse, qui constitue la plus importante réserve de ce métal actuellement connue au monde, est assez problématique.

Il semble falloir voir là un *dépôt de précipitation chimique* analogue à celui qui a produit les fers oolithiques si abondants dans d'autres régions. Les caractères de la faune et ceux mêmes des couches sableuses ont fait considérer cette formation comme étant un gisement de rivage (ce qui est, d'ailleurs, l'hypothèse généralement admise pour les minerais de fer sédimentaires).

On a remarqué que les grains oolithiques avaient un diamètre croissant de bas en haut.

Au point de vue industriel, les gisements, absolument inexploités encore en 1878[1], se sont rapidement développés. En 1889, ils ont fourni 70 300 tonnes de minerai de manganèse; les années précédentes, on avait eu : 56 000 tonnes en 1885 ; 60 000 en 1886 ; 53 000 en 1887 ; 30 000 en 1888 ; 70 000 en 1889. Nous donnons plus loin leur prix de revient ; ce qui le grève surtout, ce sont les transports.

De la mine à la station de Kvirila, les minerais étaient amenés, il y a peu de temps encore, par des caravanes de chevaux et de chameaux qui suivaient, en hiver, la vallée de la Kvirila et passaient, en été, sur les plateaux. Ces caravanes étaient composées chacune de 150 à 200 animaux, les chevaux portant 160 kilogrammes au minimum et les chameaux 275 kilogrammes. L'exportation à laquelle on pouvait arriver par ces moyens primitifs était de 8 000 à 8 500 tonnes. Aujourd'hui un chemin de fer Decauville a réduit ce transport à 12 francs.

De Kviril à Poti, le transport coûte 6 francs. Puis le frêt jusqu'à Marseille revient à 16 francs.

[1] La notice sur les ressources minérales de la Russie, publiée à propos de l'Exposition de 1878, déplore qu'ils n'aient attiré l'attention d'aucun capitaliste.

On a donc :

| | |
|---|---|
| Minerai sur le carreau de la mine | 10,00 |
| Transport de la mine à Tchiatoura | 1,50 |
| Transport de Tchiatoura à Kviril | 12,00 |
| Chargement en wagons | 0,20 |
| Chemin de fer de Kviril à Poti | 6,13 |
| Frais de chargement à Poti | 4,09 |
| Frêt de Poti à Marseille | 16,00 |
| Frais généraux | 4,00 |
| Commissions et divers | 1,17 |
| Total | 55,09 |

D'après ce calcul, le prix de revient du minerai à Marseille, malgré des frais d'extraction trop élevés, ne serait que de 55 francs. Les pays consommateurs sont l'Angleterre, la Hollande, la Belgique, la France et l'Allemagne. Les principaux exploitants sont français.

A la suite de ces gisements de Kviril, il peut être intéressant d'en mentionner d'autres inexploités dans la même région.

C'est ainsi qu'à 50 kilomètres au S.-O. de Tiflis, on connaît, dans un calcaire bréchoïde sénonien, une veine de manganèse de $0^m,70$ d'épaisseur ; de même, à Chroscha, on a trouvé du manganèse dans les grès calcaires du jurassique supérieur.

*Bibliographie*

1878. Richesses de la Russie, p. 139.

16 juillet 1882. Reuleaux. — Gisements de manganèse de la Transcaucasie. (*Soc. géol. de Belgique.*)

1886. *Mineral Resources* des États-Unis, p. 204.

*1887. Chapuy. — Mémoire manuscrit à l'École des mines (2001).

Piot. — Notes manuscrites.

1891. Leproux. — Gisements divers du Caucase. (Mémoire manuscrit à l'École des mines.)

## MANGANÈSE DE LA PROVINCE DE CIUDAD-RÉAL (ESPAGNE)

(*Couches de pyrolusite miocènes.*)

On a découvert, assez récemment, dans les couches miocènes du plateau de la Serena, au voisinage de la petite station de Val-de-Peñas, des gisements que nous rapprocherons de ceux du Caucase.

Ce plateau, qui oscille entre les cotes 300 et 400, est une des régions minières de l'Espagne.

La figure 169 montre sa coupe générale d'une façon schématique.

On y aperçoit, d'abord, une série de collines formées par des grès

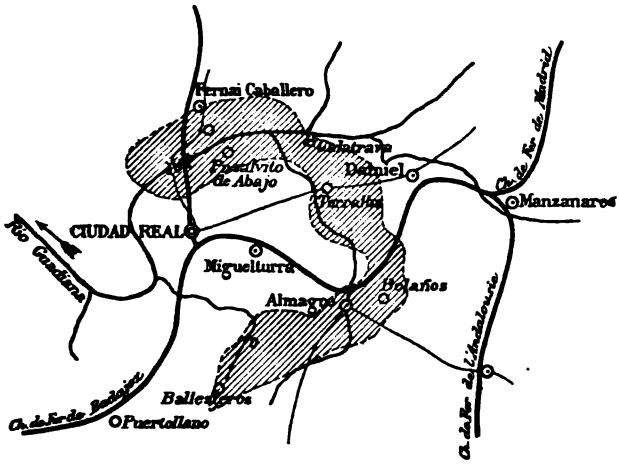



Fig. 168. — Carte du gisement de manganèse de Ciudad-Réal.

à bilobites et des quartzites siluriens, avec poches de fer et filons de plomb et argent alimentant les fonderies de Peñaroya, sur lesquels s'appuie quelquefois un peu de dévonien 2, comme à Almaden (les schistes à calymènes font généralement défaut). Puis viennent des calcaires carbonifères (3) à Productus Giganteus et Cora, souvent exploités pour la fabrication de la chaux et recoupés par des veines de phosphates.

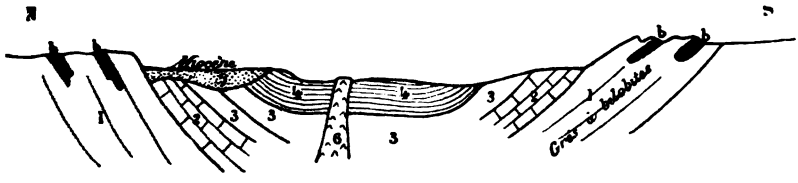


Fig. 169. — Coupe verticale théorique de la région des gisements de manganèse de Ciudad-Réal.

1, grès à bilobites. — *b*, poches de minerai de fer. — 2, dévonien. — 3, calcaire carbonifère. 4, houiller. — 5, miocène. — 6, basalte.

Le centre du synclinal est parfois occupé par du terrain houiller

productif (4); c'est le cas, par exemple, du houiller de Puertollano, situé à la séparation des bassins de la Guadiana et du Guadalquivir. C'est là également que se trouve le houiller de Belmès avec les deux exploitations de Penaroya et de Belmès. Vers la partie Nord-Est du plateau, on pénètre dans le terrain miocène (5) du plateau de la Manche et de la vallée de l'Ebre ; ce miocène, en couches horizontales, occupe des dépressions des terrains précédents. Enfin, tous ces terrains sont recoupés par des pitons de basalte (6).

C'est dans le miocène que se trouvent les couches de manganèse, à l'état de bioxyde et de sesquioxyde, intercalées au milieu des assises tertiaires sensiblement horizontales. La coupe est la suivante de haut en bas :

1° Calcaire plus ou moins compact;
2° Argile rougeâtre, $1^m$,50 à 5 mètres;
3° Argile blanche, $0^m$,30 à $0^m$,50;
4° Couche de manganèse, $1^m$,20;
5° Argile blanche contenant de 15 à 20 p. 100 de minerai, 5 mètres;
6° Argile blanche non traversée.

La *teneur des minerais* est de 40 à 60 p. 100 en manganèse. Ils contiennent, en outre : quartz, 1 à 20 p. 100; phosphore, 0,25 p. 100; fer et alumine, 3 p. 100.

Le *prix de revient* a été calculé comme suit par M. Fuchs :

| | |
|---|---|
| Exploitation | 3,00 à 5,00 |
| Droits de surface | 2,25 |
| Indemnité de terrains | 0,10 |
| Transport jusqu'au chemin de fer | 5,00 |
| Jusqu'au port embarquant | 20,00 |
| Frais d'embarquement | 2,00 |
| Transport par mer | 15,00 |
| Assurances | 1,00 |
| Commissions diverses | 1,80 |
| Frais administratifs | 2 à 3 francs. |
| Amortissement | 2 3 — |
| Imprévu | 5 |
| | 40 fr. environ. |

Ces gîtes sont peu exploités par suite : d'une part, de la présence d'une certaine quantité de phosphore; de l'autre, de l'exis-

tence, au fond de ces cuvettes siluriennes, d'une nappe hydrostatique qui limite assez vite les exploitations en profondeur.

Serbie. — En Serbie, on a trouvé, près de *Kragobasch*, du minerai dans les mêmes conditions qu'à Ciudad-Réal, en couches dans des calcaires d'eau douce remplissant eux-mêmes une vallée.

## MANGANÈSE DE L'ÎLE DE SAN-PIETRO (SARDAIGNE)[1]

*(Couche intercalée entre deux nappes de trachyte.)*

Il existe, sur la côte S.-O de Sardaigne, dans l'île de San-Piétro, un gîte d'une formation géologique intéressante et qui eut, un moment, avant la découverte des manganèses du Caucase, une réelle importance industrielle, mais qui, depuis, a été abandonné. Cette île de San-Piétro joue d'ailleurs un certain rôle au point de vue géographique ; car sa rade de Carlo Forte constitue un des rares points abordables de la Sardaigne dans la province d'Iglesias, si riche, comme nous le verrons, en minerais métallifères.

L'île est constituée tout entière de roches trachytiques et andésitiques. La partie où elle contient du manganèse est le *Capo-Rosso*.

En ce point, la falaise comprend des obsidiennes et des couches d'argile et de jaspe intercalées dans la formation trachytique.

La coupe est, de haut en bas, la suivante :

1. Trachyte tufacé à divisions prismatiques ;
2. Argile blanche kaolineuse, 1 mètre à 1$^{m}$,20 ;
3. Argile rose kaolineuse ;
4. Couche d'argile avec quartz et jaspe rouge ;
5. Argile avec lentilles d'ocre, 0$^{m}$,15 à 0$^{m}$,20 ;
6. Argile jaune ;
7. Couche de *manganèse* surmontée d'une couche de jaspe très pur ;
8. Argile blanche kaolineuse ;
9. Brèche trachitique.

c'est-à-dire qu'entre deux couches de trachyte, est intercalée une formation d'argile, de 2$^{m}$,50 à 3 mètres, contenant des minerais de manganèse.

[1] Coll. *École des Mines*, 1700.

L'ensemble des couches a un plongement d'environ 10° vers le Nord.

Le minerai, lui-même, composé d'un mélange de bioxyde et de sesquioxyde, a environ 20 à 30 centimètres d'épaisseur. Les affleurements peuvent se suivre, sur une longueur de 2 kilomètres, le long de la falaise.

Le rendement est d'environ 450 à 500 kilomètres de minerai de manganèse humide par mètre carré d'abatage.

La formation de ce gîte semble pouvoir s'expliquer par la venue de sources thermales siliceuses et manganésifères ayant donné un dépôt chimique entre deux coulées de trachytes.

Au point de vue industriel, ce gîte a fourni, vers 1881, de 8 à 10 000 tonnes de minerai de manganèse par an. Mais l'inclinaison des couches vers l'intérieur de l'île et la présence, au-dessus du gîte, de trachytes fissurés ont donné des venues d'eau considérables qui ont déterminé l'arrêt momentané de l'exploitation.

*Bibliographie.*

1881. Fuchs. — Notes de voyage inédites.

1885. Halse. — On the manganese deposits of the islet of *San Pietro, Sardinia.* (*Trans. of the N. of England Institute of mining and mechan. engineers.*)

1886. *Mineral Resources* des Etats-Unis, p. 202.

## MANGANÈSE DU NASSAU

(*Concentrations quaternaires en poches superficielles.*)

La production de manganèse dans la Hesse et le Nassau est assez considérable ; elle est d'environ 25 000 tonnes par an et porte sur plus de 200 mines.

Les gîtes de manganèse du Nassau sont en relation avec les gîtes de phosphorite décrits plus haut [1] et, comme eux, situés dans la vallée de la rivière la Lahn, qui se jette dans le Rhin à 3 milles environ de Coblentz. Ils s'étendent, depuis le village de Baldwin-

[1] Voir t. I, p. 362 et fig. 55. La phosphorite a été trouvée en cherchant le manganèse.

tein, entre Nassau et Diez, au Nord-Est de Limbourg jusqu'à Weilbourg et Wetzlau. Les principales mines sont autour d'Elbingerode. En 1886, on a annoncé, en outre, la découverte d'un nouveau gîte important de minerais riches à Eckholshausen.

Les roches fondamentales de la région sont des grès et schistes, appartenant au dévonien inférieur et moyen, surmontés d'un calcaire dolomitique, au-dessus duquel viennent des schistes à cypridines du famennien.

Ces terrains anciens sont recouverts par des dépôts d'argile assez épais (15 mètres à Eckholshausen), souvent surmontés de détritus de quartz, dépôts qui pénètrent en profondeur dans des poches de corrosion plus ou moins irrégulières du calcaire. C'est dans ces

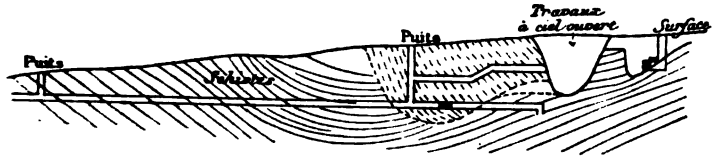



Fig. 170. — Coupe verticale de la mine de manganèse d'Elbingerode (Allemagne) (d'après Davies).

poches que l'on trouve le phosphate; c'est là aussi qu'existe le manganèse en veines associées avec des couches d'hématite.

Ces trois corps présentent l'aspect de concentrations superficielles d'éléments empruntés aux terrains sous-jacents ; nous avons vu, par exemple, que le calcaire contenait une assez forte proportion de phosphate ; il est également fréquemment imprégné de manganèse[1] et contient, en outre, de petites cavités remplies par des cristaux de calcite et pyrolusite. Peut-être les dépôts exploités ne sont-ils que le produit du démantèlement et de l'enrichissement, par les eaux de surface, de petites veines filoniennes existant en profondeur. Le gîte serait alors comparable aux amas superficiels qu'on avait d'abord trouvés aux Goutte-Pommiers (Allier)[2], dans une épaisseur de 15 à 18 mètres

[1] M. Dieulafait a montré la grande diffusion du manganèse dans les calcaires. Voir plus haut, page 8, ce que nous avons dit sur sa précipitation actuelle dans les boues à globigérines.

[2] Voir page 16.

de pliocène, avant d'arriver en profondeur au filon proprement dit, et résulterait, comme eux, d'une érosion quaternaire.

Les minerais de manganèse, contenus dans l'argile, consistent en pyrolusite, psilomélane, manganite et wad ; le fer associé est à l'état d'hématite.

Voici quelques coupes de ces mines (fig. 171 à 175) :

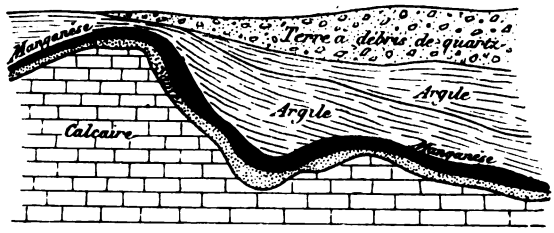



Fig. 171. — Coupe verticale de la mine Rubin, près Niedertiefenbach (d'après Davies).

Dans la coupe de la mine Rubin (fig. 171), nous voyons une couche continue de manganèse, reposant sur une couche de sable, suivre toutes les inflexions du calcaire.

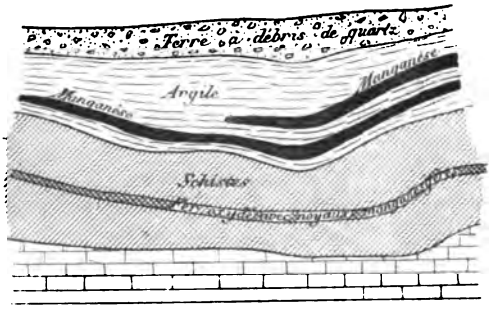



Fig. 172. — Coupe verticale de la mine Fahrweg, près Niedertiefenbach.

Dans la mine Fahrweg (fig. 172), le manganèse est divisé en deux couches.

Sur les coupes de Steeterwasen (fig. 173 à 175), on peut remarquer que les deux dépôts de fer et de manganèse sont assez nettement distincts.

L'épaisseur de ces veines varie de 15 centimètres à plusieurs

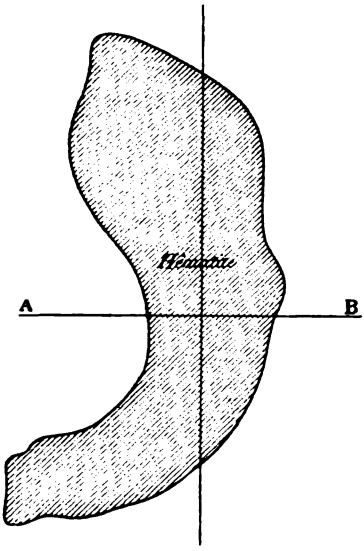



Fig. 173. — Plan d'un dépôt d'hématite et manganèse dans la mine Stoeterwasen près Niedertiefenbach.

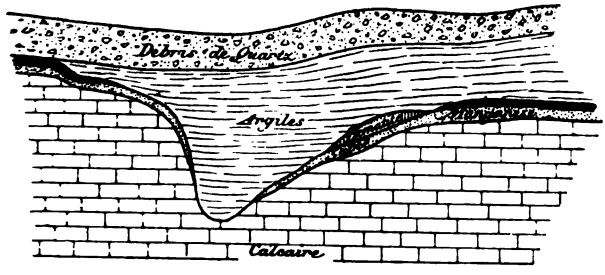



Fig. 174. — Coupe AB, Est-Ouest, à Steeterwasen.

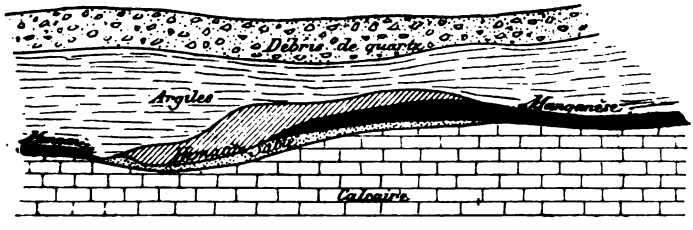



Fig. 175. — Coupe CD, Est-Ouest à Steeterwasen.

mètres ; mais la largeur ordinaire est de 0$^{m}$,15 à 0$^{m}$,30. La teneur

moyenne est de 63 p. 100 de peroxyde de manganèse. L'exploitation se fait, soit à ciel ouvert, soit par une série de petits puits.

*Bibliographie.*

1862. Riemann. — (*Zeitschr. f. d. B. im preuss. St.*, 1862, t. X, p. 2.)
1863. O. Hahn. — (*Zeit. d. d. geol. Gesel.*, t. XV, p. 249.)
Odernheimer. — (*D. B. u. H. im Herzogth. Nassau*, t. II, p. 205.)
1884. Groddeck, p. 350.
*1889. Davies, p. 292.

## MANGANÈSE DES ÉTATS-UNIS

(*Couches dans des argiles d'érosion sur des terrains anciens.*)

La principale mine de manganèse des Etats-Unis se trouve en Virginie ; c'est la mine Crimora, qui a produit, en 1887, 19 400 tonnes de minerai (en 1886, 19 700).

Puis viennent, en Géorgie, le district de Cartesville, en particulier les mines Dade, et enfin le district de Batesville, dans l'Arkansas.

Ces divers gisements semblent, d'après les descriptions, pouvoir être rapprochés de ceux du Nassau et résulter de la concentration superficielle d'éléments disséminés dans des terrains anciens.

Le bassin de *Crimora* est considéré par les géologues américains [1] comme un dépôt de lavage produit par une longue érosion au milieu des grès de Potsdam (cambrien). Les mines, exploitées par l'American Manganese Company, n'ont commencé à être attaquées avec quelque activité qu'en 1876 ; depuis, leur production a presque constamment augmenté.

A côté de Crimora se trouve, en Virginie, la mine de M[t] Athos, qui est aujourd'hui à 70 mètres de profondeur.

A *Cartesville*, en Géorgie [2], le minerai semble également dans

[1] *Mineral Resources*, 1886, p. 195. Cf. Davies, p. 305.
[2] *Mineral Resources*, p. 186.

une argile résultant de la décomposition de grès en place. Cependant il affecte, au milieu de cette argile, une certaine régularité pouvant tenir à ce que le manganèse était primitivement concentré dans des strates déterminées. L'âge des grès ainsi décomposés n'est pas encore connu. On exploite à ciel ouvert ou par de petits puits avec des galeries et l'on extrait le manganèse de l'argile par lavage dans des cylindres tournants.

Les minerais de l'Arkansas tiennent 50 à 60 p. 100 de manganèse, 2 à 6 p. 100 de fer et 0, 12 à 0, 20 de phosphore.

Ailleurs, aux États-Unis, on exploite le minerai en place dans les terrains paléozoïques eux-mêmes. Sans parler des hématites, toujours manganésifères du lac Supérieur, nous citerons la région d'Iron Mountain où le silurien inférieur contient du manganèse au-dessous des couches de fer.

Dans la Caroline du Nord, près des Warm-Springs, le manganèse forme une veine au contact d'un calcaire dolomitique et des grès de Postdam ; il est à l'état de pyrolusite[1].

*Bibliographie générale du manganèse.*

1845. Pomel. — Sur la form. du mang. amorphe des environs de *Brioude* (Haute-Loire). (*B. S. G.*, 2e, t. II, p. 390.)

1845. Delanoüe. — Sur les oxydes de mang. qui existent dans certaines roches à l'Ouest du *Plateau Central*. (*B. S. G.*, t. III, p. 47 et 100.)

1845-1857. Delanoüe. — Sur la formation du manganèse de *Nontron* (Dordogne). (*B. S. G.*, 2e, t. II, p. 388; t. III, p. 47 et *B. S. G.*, 2e, t. XIV, p. 885.)

1852. Ville. — Sur le min. de mang. de la partie Ouest de la prov. d'*Oran*. (*B. S. G.*, 2e, t. IX, p. 379.)

1857. Lambotte. — Sur l'orig. des dépôts récents de mang. hydraté de la prov. de *Namur*. (*B. S. G.*, 2e, t. XIV, p. 791.)

1857. Coquand. — Sur les miner. de mang. allophanes de la *Charente*. (*B. S. G.*, 2e, t. XIV, p. 889.)

1864. Harlé. — Sur la posit. des dépôts mang. de la *Dordogne*. (*B. S. G.*, 2e, t. XXII, p. 33.)

1872. de Lapparent. — Sur un poudingue mang. observé dans le *pays de Bray*. (*B. S. G.*, 2e, t. XXIX, p. 331.)

Dunnington. — On the formation of the deposits of oxyd of manganese. (*The American J. of Sc.*, vol. XXXVI, p. 175. New-Haven.)

1883. d'Achiardi. — Imetalli, etc., t. II, p. 351.

[1] *Mineral Resources*, p. 191.

1884. Mallet. — On lateritican manganese ore. (*Records of the geological Survey of India*, t. XVI, p. 116. Calcutta, 1884.)

1884. Dieulafait. — Existence du manganèse à l'état de diffusion complète dans les marbres bleus de *Carrare*, de *Paros* et des *Pyrénées*. (C. R., t. XCVIII, p. 589. Paris, 1884.)

1884. Dieulafait. — Manganèse dans les marbres cipolins. (C. R., t. XCVIII, p. 634. Paris, 1884.)

1885. Dieulafait. — Origine et mode de formation des minerais de manganèse. Leur liaison au point de vue de l'origine avec le baryte qui les accompagne. (C. R., t. C, p. 324. Paris, 1885.)

1885. Dieulafait. — Applications des lois de la thermochimie aux phénomènes géologiques. Minerais de manganèse. (C. R., t. C, p. 609, 644, 676. Paris, 1885.)

1885. Igelstroem. — Braunite des mines de Jacobsberg en *Wermland* (Suède). (*Bull. Soc. min. de France*, t. VIII, p. 421. Paris, 1885.)

1889. Promatha Nath. Bose. — The manganiferous Iron and Manganese ores of *Jabalpur*. (*Records of the geological Survey of India*, t. XXII, p. 216. Calcutta.)

# CHROME

Cr; Eq = 26,75 ; P. at = 53,5.

**Usages.** — Le chrome a quelques emplois industriels dont le principal est, depuis une quinzaine d'années, la *métallurgie*.

Dès 1821, Berthier [1] signalait et étudiait les alliages du chrome avec le fer et l'acier. Les progrès actuels de la chimie, en faisant voir combien des doses infinitésimales de certains corps changeaient les propriétés du métal obtenu, ont vulgarisé l'emploi du chrome comme celui du manganèse, du tungstène, etc.

Introduit dans un acier, le chrome n'acière pas, ne remplace pas le carbone, mais augmente la dureté : d'où son application pour la fabrication des projectiles, en particulier des projectiles Hoeltzer. Son inconvénient est que l'acier chromé semble être dans un état moléculaire instable qui occasionne parfois des ruptures subites ; aussi a-t-on une tendance à préférer l'acier dur ou demi-doux.

C'est vers 1878 que la fabrication des aciers chromés a commencé à se répandre ; à cette date, elle était spécialisée dans les usines suivantes : aux Etats-Unis, à Brooklyn, New-York (Chrome steel C[ie]) ; en Angleterre, à Scheffield (Seebonne) ; en France, à Unieux, et à l'aciérie Hoeltzer, de la Loire. A Brooklyn [2], on emploie des minerais de Baltimore, renfermant, les uns 37 p. 100 d'oxyde de chrome, 13 d'alumine et 11 de silice ; les autres 60 p. 100 d'oxyde de chrome, et pas de silice. On pulvérise,

[1] *Ann. d. M.*, 1821, 1re série, t. IV, p. 573, et *Ann. chim. et phys.*, 2e série, t. XVII, p. 55.

[2] Rolland. (*Ann. d. M.*, 7e, t. XIII, p. 152.)

mélange à du charbon et réduit dans des creusets en graphite en présence d'un fondant : ce qui donne du ferrochrome à 4,29 de carbone combiné et 48,70 de chrome.

D'autre part, on utilise également le fer chromé pour préparer, en sole neutre, les aciers moulés soudables, les fers fondus soudants par des procédés qui se sont perfectionnés depuis 1888 et 1889.

Dès 1867, MM. Pochin et Hunt avaient essayé d'employer le minerai de chrome comme produit réfractaire pour la construction de fours, creusets, etc. En 1876, M. Audouin, puis, en 1881, M. Garnier reprirent l'idée en proposant d'appliquer les soles en oxyde de chrome pour la déphosphoration.

En dehors de la métallurgie, les sels de chrome sont employés en grand comme *matières colorantes* pour la fabrication des papiers peints, des toiles peintes, pour la coloration en vert des feuilles artificielles, la céramique, etc. On utilise, par exemple, l'oxyde de chrome anhydre $Cr^2O^3$ dans la peinture sur porcelaine ; le vert Guignet $Cr^2O^3\ 2HO$, préféré aux sels arsénicaux pour l'impression des tissus et des papiers peints en raison de son innocuité ; surtout les chromates, tels que le jaune de chrome (chromate de plomb), etc. Ces matières colorantes sont pourtant un peu dépréciées, depuis quelques années, par l'usage croissant des couleurs d'aniline et d'alizarine.

Le bichromate de potasse sert en photographie pour les tirages au charbon et l'alun de chrome remplace parfois l'alun de potasse.

L'acide chromique a des emplois comme source d'oxygène ; en dissolution dans l'acide sulfurique, on l'utilise, dans l'électrolyse, où il combat efficacement la dépolarisation en abandonnant de l'oxygène et revenant à l'état de sesquioxyde.

L'industrie des matières colorantes (chromates) exige généralement des minerais à plus de 50 p. 100 de chrome ; ceux d'une teneur inférieure vont à la métallurgie.

Les principales fabriques de chromates sont, en Europe, Glascow et Eberfeld, qui consomment, chaque année, environ 15 000 tonnes de chromite de fer riche ; en Amérique, Baltimore[1].

[1] Voir Garnier. Mémoire de 1887 sur la Nouvelle-Calédonie.

**Minerais.** — Le chrome se présente, dans la nature, sous deux formes principales : le *fer chromé* (Fe,Mg) O, $(Cr,Al)^2O^3$, minéral cubique se rattachant à la famille des spinelles et le chromate de plomb ou *crocoïse*, trouvé d'abord en Sibérie à Bérésowsk dans des filons quartzeux traversant les roches primaires, puis au Brésil dans un granite. C'est de la crocoïse que le chrome fut d'abord extrait par Vauquelin en 1797; aujourd'hui, son seul minerai pratique est le fer chromé.

Les principaux *centres de production* du fer chromé sont :

| | | |
|---|---|---|
| La Turquie d'Asie produisant environ. . . . . | 7 000 t. | |
| Les Etats-Unis (Californie), 1887. | 3 000 t. à 70 fr. valant | 210 000 fr. |
| La Nouvelle-Calédonie, 1888 . . | 2 500 t. à 40 fr. — | 100 000 fr. |
| La Grèce (Eubée), 1878. . . . . | 1 500 t. | |
| Le Banat. . . . . | 1 000 à 1 500 t. | |
| La Styrie. . . . . | 1 000 t. | |
| L'Oural, 1888. . . . . | 500 t. (1 900 t. en 1883, 180 en 1884). | |
| Le Canada, 1888 . . . . . | 34 t. à 87 fr. | |
| | 15 000 à 17 000 t. | |

Pour les *États-Unis*, nous avons les chiffres précis depuis quelques années :

| 1882 | 1883 | 1884 | 1885 | 1886 | 1887 |
|---|---|---|---|---|---|
| 2 500 t. | 3 000 t. | 2 000 t. | 2 700 t. | 2 000 t. | 3 000 t. |

La consommation totale des Etats-Unis (production et importation) a été :

| | CHROMATE ET BICHROMATE DE POTASSE [1] | | ACIDE CHROMIQUE | MINERAI DE CHROME | | VALEUR totale |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Poids | Valeur | Valeur | Poids | Valeur | |
| | Tonnes | Francs | Francs | Tonnes | Francs | Francs |
| 1884 | 1 153 | 1 092 000 | 600 | 2 803 | 382 700 | 1 475 300 |
| 1885 | 745 | 479 000 | 200 | 12 | 1 240 | 480 440 |
| 1886 | 900 | 722 000 | 500 | 3 500 | 227 200 | 949 700 |
| 1887 | 786 | 624 000 | 29 000 | 1 476 | 118 100 | 771 100 |
| 1888 | 772 | 743 000 | 1 450 | 4 650 | 242 800 | 987 250 |

[1] Le bichromate de potasse valait, dans ces dernières années, environ 1 franc le kilogramme.

En *Nouvelle-Calédonie*, les chiffres sont :

| 1885 | 1886 | 1888 |
|---|---|---|
| 3 300 t. | 1 800 t. à 75 fr. | 2 500 t. à 40 fr. |

**Géologie générale des gisements de fer chromé.** — Les gisements de fer chromé, tous très analogues les uns aux autres, forment, d'une façon uniforme, des grains ou des amas dans les serpentines. Ces serpentines, elles-mêmes, résultent de l'altération de roches à péridot et à enstatite où le microscope montre toujours la dissémination du chrome à l'état de picotite. Une concentration, dont l'âge est difficile à préciser, a rassemblé, en certains points, ces éléments de chrome en un minerai exploitable formé, soit de grains de fer chromé cimentés par une pâte serpentineuse, soit de masses assez volumineuses du même minéral, dans des conditions comparables à ce que nous avons vu pour certains gîtes de magnétite[1]. Au contact des amas de fer chromé, on trouve fréquemment une grande abondance de silice opalescente et de chrysotile qui ferait croire à l'intervention d'une circulation d'eau assez récente.

Ces gisements, par leur constitution même, sont absolument limités dans tous les sens, probablement concentrés au voisinage de la surface et restreints ; il en résulte que les exploitations sont très variables et forcées de se déplacer constamment.

## FER CHROMÉ DE TURQUIE D'ASIE ET DE GRÈCE[2]

La Turquie d'Asie et la Grèce fournissent une assez forte proportion de fer chromé, qui n'est l'objet d'aucune statistique précise.

Les principaux gisements, situés comme toujours dans la serpentine, se trouvent sur le versant Sud de l'Olympe de Bithynie

[1] Tome I, p. 655.

[2] Voir Sept. 1883. Elisée Brotte. Sur le chrome de la Turquie d'Asie.

(non loin de Brousse), pays où le brigandage rend l'existence d'une industrie sérieuse assez précaire.

Le plus important des amas exploités est celui de Dagh-Hardi (commune de Guargueli) ; puis viennent ceux de Boz-Bélin (district de Domanitsch), de Topouk (région d'Adranaz), etc.

Le prix de revient par tonne varie dans les proportions suivantes :

| | Tyrouk | Dagh-Hardi |
|---|---|---|
| Abatage . . . . . | 0,80 | 0,23 |
| Transport à la mer . . . . . | 5,50 | 8,00 |
| Embarquement . . . . . | 0,25 | 0,25 |
| Droits d'exportation. . . . . | 0,75 | 3,00 |
| Frais divers . . . . . | 0,30 | 0.30 |
| | 7,60 | 11,78 |

On voit que les frais de transport entrent pour une proportion prédominante dans ces chiffres et qu'il reste néanmoins, étant donné le prix du fer chromé, une bonne marge pour les bénéfices.

Cette région produirait, dit-on, 7 à 8 000 tonnes.

Dans l'île de *Mételin*, en face de Smyrne, nous avons eu l'occasion de visiter un gisement inexploité de fer chromé dans des péridotites transformées localement en serpentine [1]. Ce fer chromé est accompagné d'opale et de chrysotile.

Dans l'*Eubée*, des nids, également dans la serpentine, ont produit, en 1878, 1 650 tonnes de fer chromé valant 180 000 francs [2].

## FER CHROMÉ DES ÉTATS-UNIS [3]

La Californie a produit, en 1887, 3 000 tonnes provenant surtout de Shasta, Alameda, Placer et San-Luis-Obispo et embarquées principalement pour Baltimore et Philadelphie ; San-Luis-Obispo qui, dans les années précédentes, avait été un centre d'exploitation important, a déchu, depuis 1886, par suite des frais croissants

[1] Description géologique des îles de Mételin et de Thasos. (*Arch. des Missions Sc. de* 1889.)

[2] *Ann. d. M.*, 7e, t. XIII, p. 589.

[3] Coll. *Ecole des Mines*, 1936.

d'exploitation. Les minerais au-dessous de 50 p. 100 d'oxyde de chrome trouvent difficilement à se vendre dans ce pays. Des gisements importants ont été entamés en 1886, près de Sim, dans le comté de Shasta. Les minerais sont connus en Europe comme minerais de Baltimore ; les échantillons qu'on en trouve dans les collections contiennent, associés, du fer chromé, du chrysotile et de l'opale.

## FER CHROMÉ DE NOUVELLE-CALÉDONIE[1]

Nous aurons, à propos du nickel et du cobalt de Nouvelle-Calédonie, à revenir sur les gisements de fer chromé qui leur sont associés[2]. Les serpentines de cette île, surtout celles du Sud, sont, en général, très chromifères ; le fer chromé s'y est parfois isolé en veines comparables à des filons : ainsi, d'après M. Levat, à la mine Gasconne. En outre, de nombreuses fissures, dirigées NE-SO, paraissent avoir livré passage à des sources qui ont altéré la serpentine et produit, à la surface, des vasques remplies d'une argile rouge de décomposition, où l'on retrouve, concentrés et comme stratifiés, les éléments primitivement contenus dans la serpentine ; c'est là qu'on exploite, à l'état de grains roulés et arrondis, le fer chromé dit d'alluvion. La production de la Nouvelle-Calédonie oscille, depuis 1884, entre 2 et 3 000 tonnes.

## FER CHROMÉ DU BANAT[3]

Dans la province d'Orsova, la serpentine traverse des calcaires crétacés. Elle contient un certain nombre d'amas de fer chromé d'au plus 3 à 400 mètres de longueur, toujours coincés en profondeur (on n'est descendu qu'une fois à 100 mètres). Ces amas ont

[1] Garnier. Gisements de cobalt, chrome et fer de la Nouvelle-Calédonie.

[2] Page 57 ; voir, au chap. du *Nickel*, une carte géologique de l'île, figure 176, page 50.

[3] 1873. Beschreibung des Chrombergbaues der Gewerkschaft Hoffmann im Stuhlbezirke von Altorsova (Wien).

une direction générale NO parallèle à celle de la bande même de serpentine. En outre, des cristaux de fer chromé sont disséminés dans la serpentine.

Les minerais, toujours mélangés avec des argiles magnésiennes et avec un peu de dolomie, ont une couleur habituelle gris noirâtre. Leur teneur moyenne varie de 38 à 50 p. 100 de chrome.

Une analyse donne :

| | |
|---|---|
| $Cr^2O^3$ | 48,75 |
| FeO | 18,35 |
| $SiO^2$ | 5 |
| $Al^2O^3$ | 12 |
| MgO | 15 |

L'exploitation remonte à 1857. Elle fournit, par an, à peu près 1000 à 1500 tonnes de minerai.

## FER CHROMÉ DE L'OURAL[1]

On exploite, dans l'Oural, un certain nombre d'amas et de filons de fer chromé dans la serpentine. Les affleurements des amas ont rarement plus de 20 mètres de large; les filons plus de 40 mètres de long avec 6 mètres de puissance. On n'a jamais exploité au-dessous de 20 mètres de profondeur.

Ces gisements se trouvent surtout sur le versant Est de l'Oural. Ils commencent, au Nord, dans le district de Goroblagodatsk et traversent les districts miniers. Les minerais ont, dans les parties exploitées, une teneur moyenne de 50 p. 100 d'oxyde de chrome, le reste de la masse étant formé de serpentine et de magnétite.

[1] Voir : Rose. Reise nach dem Ural., t. III, p. 157.
Goffmann. Mater zur Anfertig. geol. Karte, p. 140.
1859. Eremeew. (*Journal des mines*, 1859, t. II, p. 334.)
1860. Antipow. (*Journal des mines*, 1860, t. I, p. 25.)
1872. Dresdow. (*Journal des mines*, 1872, t. I, p. 415.)
1874. Lohtine. (*Journal des mines* (liste des gisements), t. II, p. 315.)
1876. (*Journal des mines* (analyses), t. III, p. 219.)
1877. Mouchketow. Matér. pour l'étude de la structure géol. du district de Slatooustr (Saint-Pétersbourg), pages 44, 71, 83, 102, 108, 111, 112.
1878. Richesses minérales de la Russie d'Europe, p. 106.

Jusqu'en 1864, l'exploitation du chrome dans l'Oural était sans importance; depuis, elle a pris quelque développement.

Les frais d'abatage sont très minimes, mais le transport est coûteux, en sorte qu'au-dessous de 30 p. 100 d'oxyde de chrome le minerai n'est pas exploitable.

A la suite de ces mines, nous nous contenterons de mentionner, dans d'autres pays, quelques gisements de fer chromé sans importance, tels que : la Bastide-les-Cascades dans le Var, Röraas en Norvège, Kraubath et Krieglach en Styrie, Silberberg en Silésie, etc. [1].

[1] Kossmann. Neuere Aufschlüsse über das Vorkommen der Chromeisenerze in Niederschlesien. (65ter *Jahresbericht der Schlesischen Gesellschaft für Vaterlandischen Cultur.* Breslau.) — Cf. d'Achiardi, t. II, p. 385.

# NICKEL

Ni ; Eq = 29,5. P. at = 59

**Usages.** — Le nickel a été découvert en 1751 par le minéralogiste suédois Cronstedt, dans la nickéline ou kupfernickel (sulfure d'arsenic et de nickel) que l'on considérait, jusqu'alors, comme un minéral cuivreux parce qu'il a la couleur du cuivre métallique.

Les *usages* du nickel ont été longtemps peu développés ; il y a dix ans, on évaluait sa consommation à 400 tonnes de métal par an en Europe et 60 en Amérique. A la suite de la mise en exploitation des gisements de nickel de la Nouvelle-Calédonie, le commerce de ce métal a été absolument transformé ; le kilogramme de nickel affiné, qui a valu 40 francs et valait encore 12 francs avant 1880, est tombé à 5,50, cours actuel ; et, par suite, un grand nombre d'usages nouveaux ont pu se créer pour utiliser les propriétés spéciales de ce métal, qui sont de ne pas s'altérer à l'air, de n'avoir pas d'odeur, d'exiger peu d'entretien, etc.

L'un des principaux et des plus anciens emplois est la fabrication des *monnaies d'appoint*, soit en nickel pur comme en Suisse, soit au moyen d'un alliage de nickel et de cuivre à 25 p. 100 de nickel et 75 p. 100 de cuivre. La Suisse, la Belgique, la Serbie, l'Allemagne, les Etats-Unis d'Amérique, le Brésil, le Mexique, le Venezuela, le Chili, etc., ont déjà des pièces de nickel ; il est, depuis longtemps, question d'en adopter en France.

Un alliage analogue à celui des monnaies sert, depuis 1886, pour les étuis des balles du fusil à petit calibre. De 1886 à 1889, 2 000 tonnes de cet alliage ont été consommées par l'administration de la guerre.

A l'état de métal pur, ou allié à une proportion plus ou moins grande de cuivre, le nickel tend également à se faire une place pour la fabrication des instruments de cuisine en nickel pur, des pièces d'orfèvrerie en nickel argenté, etc... C'est ainsi que les objets, dits « Ruolz », « Alfénide » ou « Cristofle » sont en maillechort recouvert d'argent par électrolyse. Mais, le plus souvent, on se contente de nickeler superficiellement les objets de fer, acier, etc., en particulier les armes, en les recouvrant d'une couche mince de nickel par galvanoplastie ou rarement par placage, de manière à les préserver de l'oxydation.

Lorsque le nickel doit être travaillé en feuilles, il est nécessaire d'y introduire un peu de magnésium pour lui donner la ductilité et la fusibilité nécessaires. Cela tient sans doute à ce que le nickel commercial retient des traces d'oxyde de nickel que l'action réductrice du magnésium fait disparaître.

Allié au cuivre et au zinc (cuivre 50, zinc 25, nickel 25), le nickel forme le *maillechort*, importé en France en 1827 par Chorier et utilisé dans la confection d'une foule de petits objets (coutellerie, horlogerie, couverts, etc.). Il entre également dans la composition de l'argent allemand (german silver), du packfong, de l'électrum, du toutenague, de l'argentan, etc...[1]. Depuis 1884, on a créé les ferromaillechorts (fer, cuivre, nickel).

Enfin un débouché important paraît se créer, pour le nickel, dans la métallurgie de l'acier[2]. Il résulte, en effet, d'expériences, faites depuis 1885 en France, à Lizy, Montataire et Imphy ainsi qu'en Allemagne et, en 1889, en Angleterre (ces dernières par Frédéric Abel[3]) que l'acier nickelé, contenant de 1 à 5 p. 100 de nickel, est particulièrement propre à la confection des blindages des constructions de navires, des grosses pièces de forge, etc.; l'acier à 5 p. 100 de nickel, pour les outils, pièces de machines, abris contre la mousqueterie, etc.; l'acier à 25 p. 300 pour la sellerie l'équipement, les pièces estampées et repoussées, les fils de résistance électrique, les câbles, etc.[4].

[1] Voir une note de M. Debette dans les *Ann. d. M.* de 1844, t. VI, p. 501.

[2] Voir Levat, p. 209.

[3] Voir le *Temps* du 26 mars 1891.

[4] Voir Iron and Steel institute; réunion de mai 1889; brochure de la Société l Ferronickel à l'Exposition de 1889, etc.

Aussi a-t-on recherché le nickel avec activité depuis 1890, et, les sources de ce métal utilisées jusqu'ici n'en ayant donné que des quantités momentanément insuffisantes, a-t-on vu son prix s'élever, en même temps que l'on étudiait les moyens de traiter économiquement certains minerais pauvres de Norvège, du Canada, etc.[1].

**Minerais.** — L'industrie du nickel a passé assez rapidement par une série de phases successives dans lesquelles on s'est, tour à tour, adressé à telle ou telle catégorie de minerais :

1° Il y a une cinquantaine d'années environ, les seuls minerais de nickel exploités étaient les arséniures et arsénio-sulfures de Saxe, Cornwall, Suède, Norvège, Hongrie, Pensylvanie et les minerais de cobalt :

D'une part, la *nickeline* ou kupfernickel (nickel arsenical) est composée essentiellement de nickel et d'arsenic (40 à 55 p. 100 de nickel) et forme des gisements importants en Saxe (Schneeberg, Marienberg, Freiberg, etc.); à Allemont, en Dauphiné ; dans le Cornwall, etc. Avec elle, on trouve le nickel arsenical $NiAs^2$, le nickel gris et l'arseniate [2].

D'autre part, les *minerais de cobalt* contiennent, presque toujours, une certaine quantité de nickel et la division qu'on peut faire entre les mines de nickel et les mines de cobalt est, le plus souvent, toute artificielle ; pour extraire le cobalt qui est le produit essentiel, on soumet ces minerais à un grillage imparfait, au moyen duquel on cherche à oxyder le cobalt seul, tout en n'enlevant qu'une partie de l'arsenic. Lorsque la matière, ainsi grillée, est ensuite soumise, dans les pots de verrerie, à l'action dissolvante du silicate de potasse, les métaux autres que le cobalt, combinés avec l'arsenic, se précipitent à la partie inférieure, sous forme d'une poudre lourde et cristalline, d'aspect métallique, qu'on appelle le speiss et qui devient alors un véritable minerai de nickel ;

2° Vers 1854, on a commencé à extraire une assez forte propor-

[1] Voir : 1867. Klenschmidt. Métallurgie du nickel et du cobalt. (*B. u. Hüt. Z.*)
1877. Badoureau. Métallurgie du nickel. (*Ann. d. M.*)
1892. Levat. Progrès de la métallurgie du nickel. (*Ann. d. M.*, 9e, t. I, p. 141.)

[2] Nous rappellerons la présence du nickel dans certaines météorites.

tion de nickel des *pyrites de fer magnétiques* qui en renferment d 3 à 5 p. 100 et dont les principaux gisements sont en Suède, e Ecosse, à Dillenbourg dans le Hanau et à Varallo, dans le Pié mont;

3° Puis, vers 1876, on a découvert et exploité (d'abord avec insuc cès) le minerai tout spécial de la Nouvelle-Calédonie, un *silicat de nickel*, qui fournit aujourd'hui une très forte proportion du nic kel employé dans le monde entier, en Europe, en Amérique, au Indes, en Chine, au Japon. Ce minerai contient jusqu'à 8, 10 e 12 p. 100 de nickel et peut, par une fusion, donner une matte 50 p. 100, tandis que les minerais précédemment connus n'en con tenaient pas plus de 2 à 4 p. 100 et exigeaient un traitement pa voie humide;

4° Enfin, depuis 1889, nous assistons à un mouvement nouveau dans lequel on tend à revenir aux *pyrites nickélifères*, dont de grand gisements viennent d'être découverts et ont bientôt pris un déve loppement considérable au Canada; dont des mines ancienne existent en Norvège. Le problème à résoudre était d'en extraire l nickel économiquement. On paraît y être arrivé par l'affinage a convertisseur Manhès, adopté surtout en France et en Alle magne.

D'un autre côté, sir Abel faisait remarquer dernièrement que d l'oxyde de carbone sec, amené sur du nickel impur en poudre fine chauffé à 100°, se charge de nickel sous forme d'un oxyde de car bone nikelé qui, en se refroidissant, dépose le nickel métallique et il a vu là le point de départ d'un procédé industriel nou veau.

Le tableau suivant donne la composition d'un certain nombre de minerais nickélifères :

*Minerais sulfurés*

| | Ni | Fe | S | GANGUE |
|---|---|---|---|---|
| Inverary (Écosse) . . . . (Exceptionnellement riche.) | 22,00 | 44,10 | 30,00 | 3,20 |
| Valsesia. . . . . | 1,20 | 20,00 | 28,00 | 51,50 |
| | 1,44 | 20,00 | 28,00 | 51,08 |

*Minerais arseniés*

| | Ni | Bi | Cu | As | S | Co | Fe | Gangue |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Minerai blanc.* | | | | | | | | |
| Schneeberg . . . | 28,14 | 2,19 | 0,50 | 71,30 | 0,14 | » | » | » |
| Reichelsdorf. . . | 20,64 | » | » | 72,64 | » | 3,37 | 3,25 | » |
| Schladming . . . | 13,04 | » | » | 60,50 | 5,40 | 5,00 | 13,30 | » |
| *Minerai gris.* | | | | | | | | |
| Schladming . . . | 38,42 | » | » | 42,52 | 14,22 | » | 2,09 | 1,87 |
| » | 11,00 | » | 0,20 | 38,00 | 3,00 | 1,00 | 10,00 | » |

*Minerais oxydés*

| | COULEUR | COMPACITÉ | TENEUR en NiO | TENEUR en HO |
|---|---|---|---|---|
| Garniérite (Nouvelle-Calédonie) | Vert émeraude | Dur | 20 | 5 |
| | Vert jaunâtre | Un peu friable | 12-15 | 10-15 |
| | Blanc bleuâtre | S'écrase sous les doigts | 6-8 | 20 |

**Commerce du nickel.** — La métallurgie du nickel ne date que de 1824, époque où V. Gersdorff fonda, en Autriche, la première usine.

Vers 1870, la consommation de nickel dans le monde était d'environ 250 à 300 tonnes ; en 1878, elle n'était encore que de 400 tonnes. Jusqu'à ce moment, l'Angleterre et l'Allemagne avaient, à peu près, comme nous l'avons dit, le monopole de la production de ce métal et, dans les premiers temps de l'exploitation des minerais de la Nouvelle-Calédonie, l'abstention des usiniers anglo-allemands qui les déclaraient intraitables, fut cause de grosses pertes pour les exploitants et faillit même faire passer les mines de Nouvelle-Calédonie à des capitalistes anglais. En 1880, la Société le Nickel, créée par M. Higginson, centralisa, au contraire, ces mines entre des mains françaises. Un groupe d'actionnaires de cette société a fondé, en 1882, la Fonderie de Nickel et Métaux blancs, devenue, depuis 1884, la Société le Ferronickel. La consommation de nickel dans le monde a passé de 400 tonnes en 1878 à 1 200 en 1880, 2 000 en 1884, 3 000 en 1887 (à la suite de l'application du nickel à l'armement).

D'ici à peu de temps, on estime qu'elle pourra s'élever à près de 10 000 tonnes.

Dans ces dernières années, la production du nickel dans le monde, d'après la statistique internationale française, a été la suivante :

| | MINERAI EN 1890 | MÉTAL | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 1886 | 1888 | 1889 | 1890 |
| Nouvelle-Calédonie . . | 19.700 t. à 125 fr. (Nickel) | 30 | 30 | 330 t. à 5.180 fr. | 330 |
| Allemagne . . . . . | 290 — » — (Nickel et cobalt) | 169 | 288 | 282 — 5.220 — | 434 |
| Norvège . . . . . | 5.540 — 46 — (Nickel et cobalt) | 132 | 132 | 132 — 5.423 — | » |
| Suède . . . . . | 700 — » — (Nickel) | 60 | » | » | » |
| États-Unis . . . . . | 1.050 — 192 » | » | » | 93 — 7.100 — Prix à Philadelpie | 146 |
| Grande-Bretagne . . . | 85 — 77 — (Nickel et cobalt) | 97 | 93 | » | » |
| Hongrie . . . . . | 176 — » — (Nickel et cobalt) | » | » | » | » |

Mais ces chiffres ne donnent aucune idée de l'importance réelle des deux principaux centres de production qui sont aujourd'hui la Nouvelle-Calédonie et le Canada.

La *Nouvelle-Calédonie* est restée, de 1880 à 1888, le centre de production presque unique. En 1888, elle produisait environ 2 600 tonnes. En 1889, elle a exporté 19 741 tonnes de minerai de nickel d'une teneur variant de 7 à 10 p. 100, soit environ 2 000 tonnes de nickel métal[1] et, en outre, une certaine proportion de mattes à 50 p. 100 obtenues sur place. Aujourd'hui on s'y organise pour produire 5 000 tonnes.

Quant au *Canada*, tout à fait inexploité avant 1888, il est déjà en mesure, d'après M. Levat, de donner 4 500 tonnes par an.

Dans le commerce du nickel, la France joue un rôle important. Sa consommation propre s'est considérablement accrue depuis dix ans.

En *Allemagne*, les pays producteurs de nickel sont surtout l'Erzgebirge saxon où nous étudierons le gîte de Schneeberg et la Silésie polonaise.

[1] *Journal Officiel* du 16 mars 1891.

La statistique donne :

| | 1881 | 1882 | 1883 | 1884 | 1885 | 1886 | 1888 | 1889 | 1890 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Prusse. . . . . | 82 | 121 | 110 | 126 | 144 | 169 | » | » | 33 |
| Saxe. . . . . | 52 | » | 16 | 56 | 20 | » | » | » | 273[1] |
| Totaux . . | 134 | 121 | 126 | 182 | 164 | 169 | 288 | 282 | 306 |

En *Suède* et en *Norvège*, on a, de même, en nickel métal :

| | 1880 | 1881 | 1882 | 1883 | 1884 | 1885 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Suède . . . . . | » | 8 | 34 | 29 | 31 | 60 |
| Norvège . . . . . | 46 | » | 104 | 46 | » | 132 |
| Totaux . . . . | 46 | 8 | 138 | 65 | 31 | 192 |

Mais ces chiffres sont loin de correspondre à la production réelle de minerais, une grande partie de ces minerais étant expédiée en Angleterre.

Nous décrirons, en Scandinavie, les principales mines qui sont : en Norvège, Ringerike ; en Suède, Klefva et Sagmyra.

La production totale de la péninsule, qui était, en 1875, de 42 338 tonnes, a été en diminuant depuis la découverte des gîtes de Nouvelle-Calédonie ; en 1889, elle était évaluée à 10 300 tonnes de minerais de nickel et de cobalt pour la Norvège, 969 tonnes pour la Suède.

En *Autriche-Hongrie*, nous aurons à nous occuper des mines de Dobsina en Hongrie, Schladming en Styrie, Leogang dans la province de Salzburg.

**Prix du nickel.** — Les prix du nickel ont subi, nous l'avons vu, des variations considérables. En 1830, vers les débuts de sa fabrication, le métal valait environ 62 francs le kilogramme[2] ; puis il se tint longtemps vers 33 et tomba peu à peu à 15. De 1865 à 1873, le prix oscilla entre 12 et 15 ; mais l'adoption de ce métal pour l'usage monétaire en un grand nombre de pays augmenta

[1] Minerais de nickel, cobalt et bismuth à 2 188 fr. la tonne.

[2] Voir Flechner. (*Öst. Zeits. f. B. u. H.*, t. XXXV, 1887.)

rapidement sa valeur jusqu'à 27 francs en 1872 et 40 en 1874 ; après quoi, il retomba peu à peu à 10 francs en 1880 ; 6 fr. 20 en 1885 ; 5 francs de 1889 à 1892.

## GÉNÉRALITÉS SUR LES GISEMENTS DE NICKEL

Le nickel, qui présente tant d'analogies avec le fer, et qu'on retrouve comme lui à l'état natif dans les météorites, semble pouvoir être considéré comme un métal de profondeur arrivé au jour, le plus souvent, avec le magma basique non scorifié, à l'état d'inclusions dans une roche ferrugineuse et magnésienne. C'est ainsi que le gisement primitif du nickel paraît être, dans un grand nombre de cas, une roche verte comme la péridotite, le gabbro, la diorite ou une roche qui dérive par altération des précédentes comme les serpentines. Dans ces roches, le nickel existe associé avec la chalcopyrite, la magnétite, le fer chromé, le platine, etc., mais en proportions trop faibles pour être exploitable.

Des phénomènes secondaires plus ou moins anciens, contemporains ou non de la solidification de la roche, ont eu pour effet d'extraire parfois de ces roches basiques les éléments nickélifères plus ou moins disséminés et de les concentrer au voisinage. C'est ainsi qu'ont dû se former, assez récemment, les hydrosilicates de la Nouvelle-Calédonie, de même que le chrome de la picotite se groupait dans les serpentines en amas de fer chromé[1]. C'est ainsi que précédemment s'étaient produites, autour de certaines serpentines ou de certains gabbros, des circulations d'eaux thermales sulfurées, ayant particulièrement affecté les régions broyées et les ayant imprégnées de sulfures divers, parmi lesquels la pyrrhotine nickélifère est industriellement la plus importante.

Enfin des parcelles de nickel se trouvent mélangées à celles de tous les autres métaux dans les remplissages de champs de fractures complexes comme ceux de Saxe et du Harz, et ce nickel, qui n'y joue le plus souvent qu'un rôle secondaire, atteint parfois, au contraire, une teneur assez forte pour être extrait avantageusement.

[1] Voir page 36.

Dans la description des gisements, nous adopterons l'ordre que nous venons d'indiquer et qui correspond à un rapprochement plus ou moins direct avec la roche mère supposée du métal, à un départ plus ou moins complet. Cet ordre se trouve être, en même temps, celui dans lequel on classerait les minerais par teneur : les hydrosilicates de Nouvelle-Calédonie renferment jusqu'à 10 et 12 p. 100 de nickel ; les pyrrhotines nickélifères de Suède et Norvège, d'Italie, d'Allemagne, des Etats-Unis, de Nouvelle-Zélande, etc., au plus 3 à 4 p. 100 ; enfin les filons complexes à minéraux de nickel proprement dits, comme ceux de Saxe, d'Espagne, de France, donnent à peine 0,5 p. 100. C'est de la même façon que l'on se trouverait encore classer les gîtes par importance économique.

## I. — NICKEL DE LA NOUVELLE-CALÉDONIE [1]

*(Veines de garniérite dans la serpentine le long de vasques argileuses.)*

**Géologie générale de la Nouvelle-Calédonie.** — L'île de la Nouvelle-Calédonie, qui mesure 300 kilomètres de longueur et 50 kilomètres de largeur en moyenne, se divise en trois régions distinctes (fig. 176, p. 50) :

1° Au Nord-Est, des terrains schisteux anciens, non fossilifères, généralement de couleur claire, talqueux ou quartzeux, forment le soubassement de l'île ;

2° Sur la côte Ouest, apparaissent des terrains secondaires et tertiaires, à la base desquels se rencontrent, d'après M. Garnier, un peu de trias, puis des schistes feldspathiques et porphyres de l'étage houiller, enfin, autour de Nouméa, de l'infralias et du lias inférieur avec couches de houille ;

3° Sur la côte Est et dans le Sud, des schistes serpentineux et des serpentines recouvrent à eux seuls près du tiers de la surface de l'île ; c'est au milieu de ces serpentines que sont exclusivement concentrés les gîtes minéraux de nickel, de cobalt et de fer chromé.

[1] Coll. *École des Mines*, 1912.

Le contact des serpentines et des schistes anciens est métan
phisé de telle façon par le phénomène même ayant produit la
pentine, qu'on passe de la roche serpentineuse franche aux schi

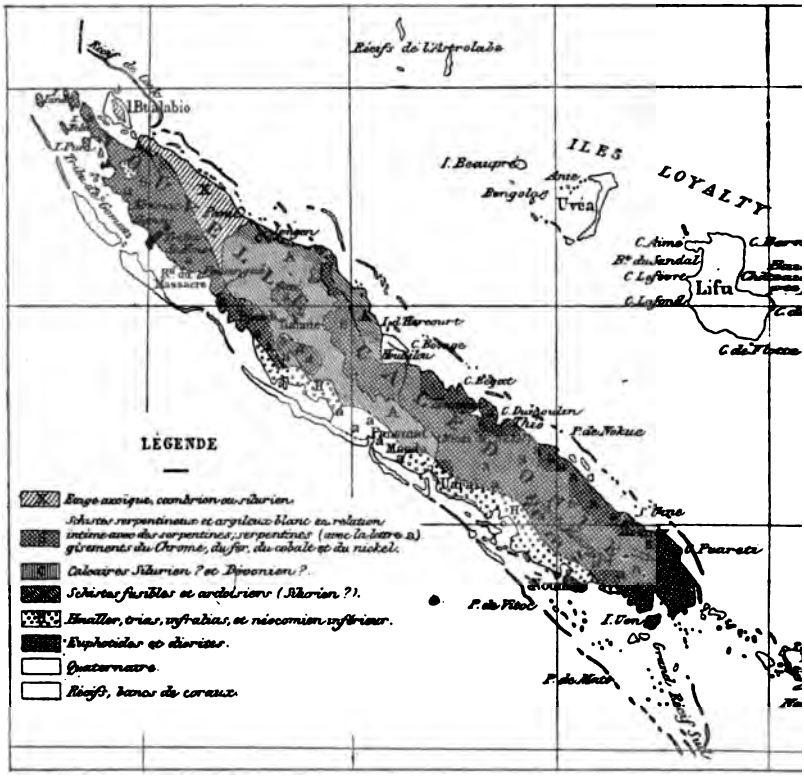



Fig. 176. — Carte géologique de la Nouvelle-Calédonie, d'après M. Garnier.

quartzeux par une série insensible de roches vertes plus ou moi
plissées qui forment le contact.

Enfin le flanc des montagnes est couvert par d'immenses napp
d'argile rouge, que couronnent des amas de minerai de fer. C
argiles sont le résidu de la décomposition des serpentines et
contiennent tous les éléments. De nombreuses cassures sont di
gées N.-E. S.-O.

**Gisements de nickel.** — Le nickel se rencontre exclusivement
la Nouvelle-Calédonie, sous forme d'un silicate hydraté magnésie
d'un beau vert pomme quand il est pur, déposé sous forme d'e

duit ou de concrétions striées ou mamelonnées dans les fissures de la serpentine le long de vasques argileuses. Cet hydrosilicate, qui est une variété de pimélite nommée la garniérite, ne résulte pas de l'altération superficielle de quelque sulfure ou arséniure de nickel, car il n'existe pas trace d'aucun de ces corps, mais semble avoir été emprunté à la serpentine (ou à la roche mère dont celle-ci dérive) par l'action des eaux. Le nickel, le cobalt et le chrome se trouvent réunis dans les mêmes gisements que nous commencerons par décrire, sans faire aucune hypothèse, afin d'arriver ensuite à des conclusions sur leur mode de formation.

Nous venons de parler de couches d'argile rouge, qui sont un des points caractéristiques de la géologie du pays et que l'on aperçoit de fort loin en mer. Ces argiles partent d'un certain nombre de vasques, disposées suivant des fissures N.-E. S.-O. qui coupent la serpentine, et manifestement remplies par le produit de la décomposition de ces serpentines. A la périphérie, la roche, à demi dissoute, a pris un aspect spécial que les prospecteurs appellent « sugar-rock », à cause de sa ressemblance avec du sucre à moitié fondu.

Ces vasques d'argile, que l'on peut comparer à celles où on trouve les phosphates et les manganèses du Nassau, les minerais de fer sidérolithiques dans le Berry, etc. [1], présentent une certaine allure stratifiée qu'indiquent les figures 177 et 178 ci-jointes. On y voit une ou plusieurs nappes de manganèse cobaltifère; parfois, à la superficie, des amas de minerai de fer oolithique ; ailleurs, des couches renfermant des grains roulés de fer chromé que les mineurs appellent improprement du chrome d'alluvion. Les éléments compris dans l'argile rouge, à l'exception peut-être du

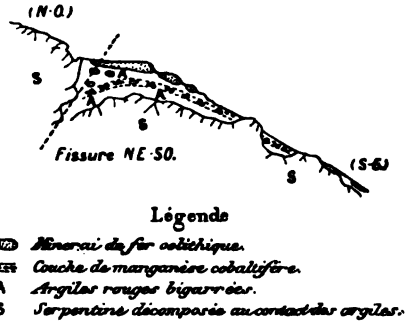



Fig. 177. — Coupe de la mine Persévérance près Houaïlou (Nouvelle-Calédonie) (d'après M. Levat).

[1] Voir t. I, p. 361 et 796; t. II, p. 26.

cobalt, viennent de la serpentine voisine ; le fer chromé ne s' présente que lorsque la serpentine en contient des grains, parfoi même des veines, comme à la mine Gasconne.

Le nickel, lui, est localisé dans certaines de ces vasques for mant des traînées N.-E. S.-O., de 600 à 800 mètres de large, don les principales sont : Honailou, Koua, Kouaoua, Canala, Thio e Brandy. Il se trouve un quement sur leur pour tour, principalement a toit, entre la serpentin et l'argile, séparé géné ralement de l'argile pa un plan net, constituan au contraire, souven dans la serpentine, un

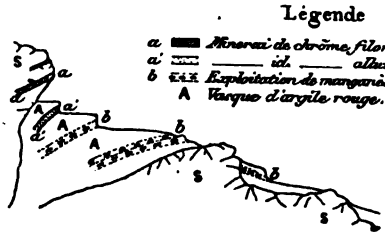



Fig. 178. — Coupe à la mine Gasconne (Nouvelle-Calédonie), d'après M. Levat.

sorte de stockwerk. Les figures montrent : la figure 179, la coup d'un gisement symétrique, celui de la mine Poncelet, l'une de plus importantes de l'île ; la figure 180, un stockwerk de 80 mètre de large développé au toit et exploité en carrière ; la figure 181 une forme de stockwerk où, la serpentine, ayant été moin

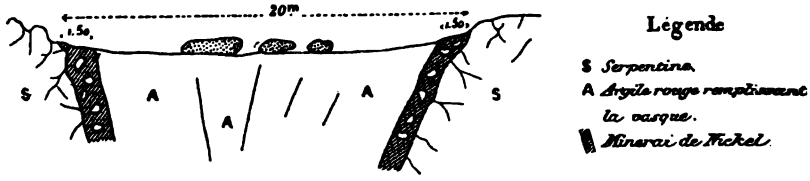



Fig. 179. — Coupe de la mine Poncelet (district de Brandy), d'après M. Levat.

friable, s'étant mieux prêtée à des cassures franches, on a de veines de plusieurs mètres de large.

Si l'on essaye de concevoir le *mode de formation* de ces gise ments, on est naturellement porté à supposer que le nickel pro vient, comme le chrome et le cobalt, plus ou moins directement de la serpentine encaissante. Les serpentines de Nouvelle-Calédoni contiennent, en effet, presque toutes du nickel, et M. Levat en cité, qui ne présentaient pas trace de fissures, tapissées de minera et renfermaient jusqu'à 5 p. 100 de ce métal. Peut-être ce nick remplace-t-il partiellement le fer dont la proportion diminue quan

la sienne augmente. Toujours est-il qu'une concentration facile a pu, sous l'action des eaux, entraîner ce nickel disséminé et le rassembler dans les fissures où on l'exploite. La magnésie, qui entre dans la composition du minerai, a son origine bien nette dans la serpentine.

Le fait que le nickel n'existe jamais, à la façon du manganèse,

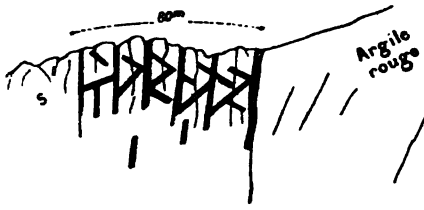



Fig. 180.
Coupe de la mine Méfau.

Fig. 181.
Coupe de la mine Pauline (district de Thio).

du cobalt et du chrome, dans les argiles rouges qui résultent de la décomposition sur place et évidemment superficielle de la serpentine, a fait supposer à M. Levat que le dépôt des métaux avait pu se produire en plusieurs temps :

1° Dissolution de la serpentine, soit par les eaux d'infiltration, soit, suivant lui, par des eaux thermales venant du fond et ayant apporté le cobalt, et formation d'argile ;

2° Dessiccation de cette argile et production d'un vide, dû au retrait, à sa périphérie ;

3° Arrivée, dans ce vide et dans les fissures de la serpentine voisine, d'eaux thermales apportant du nickel emprunté à la roche en profondeur.

En tout cas, il semble vraisemblable que les dépôts de nickel devront aller en se réduisant en profondeur à mesure que la vasque d'argile se rétrécira, et, avec elle, la fissure due à son retrait et disparaîtront finalement un jour pour ne laisser subsister que de la serpentine intacte à nickel disséminé, ou, peut-être même, la roche à hornblende et enstatite dont celle-ci a commencé par dériver.

La seule mine, un peu profondément exploitée jusqu'ici, a été celle de Santa-Maria, où l'on est descendu à 84 mètres ; en général, on exploite en carrière à ciel ouvert.

Ajoutons quelques mots sur les minerais exploités et sur le mines en exploitation :

1° Minerais de nickel. — Le minerai de nickel est, comme nou l'avons dit, un hydrosilicate magnésien signalé, pour la pre mière fois, par M. Garnier, en 1873, au Mont-d'Or, dans le péri mètre de Boulari.

Des échantillons de minerai pur de nickel ont donné la compo sition moyenne suivante :

| Nickel. | Magnésie. | Fer. | Silice. | Eau. |
|---|---|---|---|---|
| 26 | 13 | 3 | 45 | 13 |

Mais c'est là une teneur exceptionnelle ; les minerais contien nent, en général, après triage et lavage, de 10 à 12 p. 100 de Ni la gangue étant d'ailleurs la serpentine plus ou moins décom posée.

D'après d'Achiardi, les minerais se rapportent à trois types :

1° Les minerais, verts d'émeraude, durs, tenant 20 p. 100 de NiO et 5 p. 10( d'eau ;

2° Les minerais, vert jaunâtre, un peu friables, tenant 12 à 15 p. 100 de NiC et 12 à 15 p. 100 d'eau ;

3° Les minerais blancs bleuâtres, s'écrasant sous les doigts, tenan 6 à 8 p. 100 de NiO et 20 p. 100 d'eau.

En voici deux analyses :

| | $SiO^2$ | $Fe^2O^3$ | $Al^2O^3$ | NiO | MgO | HO |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Analyse Bouillet. . | 38 | 7 | — | 18 | 15 | 22 |
| Analyse Heurteau . | 41,00 | — | 0,60 | 19,00 | 16,30 | 20,00 |

**Exploitation.** — La première demande en concession pour nickel fut faite, en janvier 1874, dans la région du Mont-d'Or, près Nouméa. Depuis cette époque, les découvertes se sont suc-cédé sans relâche. Au 1er janvier 1890, le nombre des mines de nickel instituées était de 115, auxquelles il fallait ajouter 427 demandes en concession.

Les principaux districts exploités sont :

Sur la côte Est, ceux de Ny, de Brandy, de Mey, de Thio, de Nakety, de Koua ; sur la côte Ouest, ceux de la Dumbéa, de Païta,

de la Toutouta, de la Ouenghi, de Poya, du Komambo, du Kaala, etc.

L'intérieur de l'île, en dehors d'une bande littorale d'une douzaine de kilomètres, est encore mal connu.

Le district le plus important est celui de *Thio,* qui, de 1876 à 1890, a exporté 59 448 tonnes de minerai d'une teneur moyenne de 8 à 12 p. 100 et 228 000 kilogrammes de fonte de nickel.

Parmi les mines de Thio, on peut citer : Santa-Maria, Moulinet, Rose, Belvédère et Benaucourt.

En dehors du district de *Thio*, nous mentionnerons, dans la région de *Nakéty,* les mines Boulangère, Ghio et Bienvenue; dans la région de *Kanaoua,* la mine Dorée, etc.

En 1889, 22 exploitations ont occupé 1 158 ouvriers et exporté 19 741 tonnes de minerai d'une teneur de 7 à 10 p. 100. Le recrutement de la main-d'œuvre est une des questions difficiles dans ces entreprises.

**Traitement.** — Les minerais de la Nouvelle-Calédonie, qui ont l'avantage d'être très purs, sont particulièrement recherchés.

Au début cependant, nous rappellerons qu'on a été assez embarrassé pour les traiter, à cause de leur nature particulière. On les fondait alors avec des pyrites arséniées pour avoir un speiss qu'on soumettait ensuite aux opérations habituelles à Septèmes (Bouches-du-Rhône). L'idée de passer le minerai au haut fourneau, de même que celui de fer, a amené une véritable révolution métallurgique. Aujourd'hui, on traite, soit au haut fourneau, soit au cubilot.

De 1888 à 1891, une partie notable des matières extraites a été fondue sur place, de manière à expédier en Europe des mattes à 50 ou 60 p. 100 et à économiser ainsi le frêt qui, de Thio à Glascow, est d'environ 50 francs par tonne. Les difficultés d'approvisionnement du coke (venant d'Europe) ont fait, depuis 1892, renoncer momentanément à la fusion en Nouvelle-Calédonie. La plupart des minerais vont donc en Angleterre, où l'on trouve en abondance le fondant sulfurant nécessaire, sous forme de charrée de soude; on emploie des waterjackets de dimensions médiocres passant 25 à 30 tonnes par vingt-quatre heures.

2° Minerais de cobalt. — Le minerai de cobalt, associé au

manganèse dans les vasques argileuses, ne contient, d'ordinaire, après triage à la main, que 3 à 5 p. 100 d'oxyde de cobalt ; mais il est très répandu et d'une exploitation généralement très facile, consistant parfois en un simple ramassage.

On ne connaît, jusqu'ici, que deux sortes de minerais de cobalt. Toutes deux sont des oxydes manganésifères ou asbolites. L'une porte le nom de « truffes » parmi les mineurs et présente quelque peu la forme de ce champignon [1] ; l'autre sorte, la plus commune, est informe et sa richesse moyenne relativement faible.

Voici une analyse qui donnera une idée de la composition moyenne, la teneur en cobalt étant de 3 558 :

| | |
|---|---|
| Partie insoluble (*contenant un peu de fer chromé*) . . | 4 593 |
| Perte à la calcination . . . . . | 25 600 |
| Peroxyde de fer. . . . . | 14 531 |
| Alumine . . . . . | 27 549 |
| Chaux . . . . . | 1 400 |
| Magnésie . . . . . | 0 956 |
| Oxyde de manganèse. . . . . | 13 650 |
| Oxyde de cobalt. . . . . | 4 519 |
| Oxyde de nickel. . . . . | 2 691 |
| Oxygène en excès . . . . . | 4 313 |

Ces minerais de cobalt, comme ceux de nickel, ont d'abord présenté quelques difficultés de traitement, en particulier pour la séparation du nickel et du cobalt. Le procédé, employé, dans ces derniers temps, aux usines Malétra de Rouen, permet de traiter par mois 150 tonnes de minerai donnant environ 4 500 kilogrammes de cobalt [2].

La première demande de concession pour exploiter le cobalt date de 1876 ; mais, comme pour le nickel, de nombreuses découvertes ont eu lieu depuis cette époque, notamment dans les régions de l'île Ouen, de la baie du Sud, d'Unia, de Nehoué, dans les îles Yandé et Belep, etc.

Au 1er janvier 1890, le nombre de mines de cobalt instituées était de 20 et le nombre de celles demandées en concession de 117.

Actuellement, les exploitations les plus importantes sont concentrées dans les régions de Nakety, de la baie Laugier,

[1] Ces minerais avaient été d'abord pris pour des rognons de pyrolusite.

[2] Voir Pelatan ; *Génie civil* de 1891. — Causerie scientifique du *Temps*, 14 avril 1891.

de la baie d'Uqué, de Mou, de Wagap, des îles Yandi et Belep.

En 1889, de ces diverses exploitations, au nombre de 12 et employant 205 ouvriers, il a été exporté 2 185 tonnes de minerai de cobalt, d'une teneur variant de 3 à 5 p. 100.

D'importants travaux d'installation sont, en outre, exécutés sur différents points de l'île, notamment dans les régions de Goyeta et de la baie d'Oland, où de nouveaux centres d'exploitation ne tarderont pas à être créés, le minerai de cobalt calédonien étant actuellement très demandé sur les marchés d'Australie et d'Europe.

Autrefois, le minerai de cobalt était tiré à grand'peine, comme nous le verrons au chapitre consacré à ce métal, de certaines mines de Saxe ou de Norvège qui ne contiennent que de 1 à 2 p. 100 de cobalt; aujourd'hui, grâce aux gîtes de la Nouvelle-Calédonie, on a une moyenne de 3 à 5 p. 100. L'oxyde de cobalt, qui se vendait de 60 à 70 francs le kilogramme, est tombé, par suite, au prix, encore rémunérateur, de 15 à 20 francs.

Quoique le minerai de cobalt soit beaucoup plus pauvre que celui de nickel, il possède cependant une valeur plus grande, et actuellement, à Nouméa, la tonne de minerai, d'une teneur de 3,5 p. 100, est cotée de 90 à 95 francs et 115 francs à 4 p. 100.

3° Minerais de chrome. — Le minerai de chrome est répandu en abondance dans toute la formation serpentineuse de la Nouvelle-Calédonie, et les minerais de fer associés aux serpentines en contiennent une notable proportion (de 2 à 5 p. 100).

Les gîtes de chrome sont, comme nous l'avons dit[1], de deux sortes : soit en filons dans la serpentine, soit en couches stratifiées dans les vasques d'argile : le chrome de ces dernières est appelé improprement chrome d'alluvion.

En voici trois analyses empruntées à M. Garnier :

| | Minerai riche du Mont-d'Or | Minerai d'alluvion | |
|---|---|---|---|
| Sesquioxyde de chrome. . . . | 61 553 | 42,60 | 41,28 |
| Peroxyde de fer . . . . . | 34 000 | 37,20 | 19,02 |
| Alumine . . . . . | 0 114 | 12,80 | 29,10 |
| Silice . . . . . | 4 625 | 1,20 | 2,10 |
| Magnésie, etc. . . . . | 0 028 | 5,10 | 5,10 |
| Humidité . . . . . | | 1,10 | 3,40 |

[1] Page 38.

Les minerais, dits alluvionnaires, forment des couches de 0,80 d'épaisseur environ, qu'on enrichit par un lavage primitif. Leur teneur, inférieure à 50 p. 100, empêche de les utiliser pour l'industrie des chromates de potasse ; mais ils servent à la fabrication des ferro-chromes.

La première demande en concession pour exploiter le fer chromé fut adressée en 1875 ; mais, depuis, des découvertes importantes ont eu lieu, notamment dans la région du Mont-d'Or, de Plum, de la baie des Pirogues, de la baie du Sud, etc.

Au 1er janvier 1890, le nombre des mines de chrome instituées était de 15, représentant une superficie de 3 966 hectares ; à la même date, le nombre de celles demandées en concession s'élevait à 89.

Les plus importantes exploitations de chrome sont celles de la rivière N'Go et de la rivière des Pirogues, qui sont reliées à la mer par des voies ferrées ayant une longueur totale de 5 kilomètres.

De ces diverses exploitations, au nombre de 7 et comprenant 150 ouvriers, il a été exporté, en 1889, 2 254 tonnes de minerai de chrome, d'une teneur moyenne de 50 p. 100 de sesquioxyde de chrome.

Actuellement, à Nouméa, la tonne de minerai de chrome, d'une teneur de 50 p. 100, a une valeur variant de 40 à 45 francs et de 80 à 85 francs à Sydney.

L'exploitation des gisements de chrome n'a pas été, jusqu'à ce jour, bien active ; mais elle ne peut que se développer par suite de l'importance que prend ce minerai dans la métallurgie.

### *Bibliographie de la Nouvelle-Calédonie.*

1867. Garnier. — Essai sur la géologie et les ressources minérales de la Nouvelle-Calédonie. (*Ann. d. M.*, 6e, t. XII, p. 1.)

1874. Liverside. — Trans. of the royal Society of New-Southwales.

1876. Heurteau. — Richesses minérales de la Nouvelle-Calédonie. (*Ann. d. M.*, 7e, t. IX, p. 235.)

1876. Mines de nickel de la Nouvelle-Calédonie. (*Cuyper*, t. XXXIX, p. 185.)

1877. Badoureau. — Métallurgie du nickel. (*Ann. d. M.*, 7e, t. XII, p. 237.)

1878. Ratte. — Roches et gisements métallifères de la Nouvelle-Calédonie.

1880. Luc Léo. — Le nickel en 1880 et la Nouvelle-Calédonie.

1883. D'Achiardi, t. II, p. 32.
1885. Porcheron.—Nickel en Nouvelle-Calédonie. (*Ind. min.*, 2e, t. XIV, p. 89.)
1885. Garnier. — Notice histor. sur la déc. du nickel en Nouvelle-Calédonie. (*Ind. Min.*, 2e, t. XIV, p. 126.)
1885. (*Ann. d. M.*, p. 609, 665.)
1887. Garnier. — Les gisements de cobalt, chrome et fer à la Nouvelle-Calédonie. (*Soc. des ing. civils.*)
1887. (*Ann. d. M.*, p. 544.)
1888. (*Ann. d. M.*, p. 558.)
1889. Levat. — Association pour l'avancement des sciences, 29 septembre.
1889. Brochures de la Société le nickel et de la Société le ferronickel.
16 mars 1891. — (*Journal Officiel.*)
1891. Pelatan. — Traitement des minerais de cobalt. (*Génie civil.*) Résumé dans la causerie scientifique du *Temps* du 14 avril 1889.
1892. Levat. — Progrès de la Métallurgie du nickel. (*Ann. d. M.*, 9e, t. I.)

Des *minerais analogues à ceux de la Nouvelle-Calédonie* ont été rencontrés en quelques autres points sans jamais présenter d'importance industrielle :

C'est ainsi qu'aux *Etats-Unis,* on en a trouvé, en 1881, sur la montagne Piney, dans le comté de Douglas (Orégon méridional). Divers essais ont donné là une teneur atteignant 24 p. 100 de nickel.

En *Californie* également, la pimélite (hydrosilicate d'alumine et de nickel) est associée au cinabre dans les minerais de New-Almaden, dont les filons traversent des roches identiques à celles de la Nouvelle-Calédonie : serpentines et schistes serpentineux.

*En Espagne*, près de Malaga, on a signalé, de même, des pimélites tenant 9 p. 100 de nickel.

La pimélite (variété Rewdanskite) a été trouvée encore en *Russie*, à Rewdansk, près d'Ekaterinenbourg [1], dans l'Oural ; elle donne un rendement qui oscille autour de 12 p. 100 de nickel.

Là on a affaire à un filon vertical de 2 mètres de puissance, traversant des chloritoschistes et de la serpentine, filon dont le remplissage est formé de quartz carrié, pimélite et chrysoprase (calcédoine teintée en vert par le nickel) : les cavités du quartz renferment une argile plastique empâtant des nodules d'annabergite (arseniate hydraté de nickel) qui peuvent atteindre la grosseur du poing.

[1] 1866. Müller. *B. u. H. Z.*, p. 65, et Groddeck, p. 285. — D'Achiardi, t. II, p. 30.

Enfin, en *Nouvelle-Zélande,* M. A. Pond a dit avoir constaté la présence du nickel dans un grand nombre de roches vertes du district des Auklandes, qui tiendraient, d'après lui :

| | Ni p. 100 |
|---|---|
| 1. Serpentine de Mahurangi. . . . . | 0,49 |
| 2. — de Manukau . . . . . | 0,47 |
| 3. Greenstone de Val Papakura . . . . . | 0,26 |
| 4. Argile verte onctueuse de Waipu . . . . . | 0,11 |
| 5. Serpentine de Coromandel . . . . . | traces |

Ces minerais de nickel, disséminés dans une formation serpentineuse, ont été comparés à ceux de Nouvelle-Calédonie.

## II. — PYRRHOTINES NICKÉLIFÈRES

Il arrive souvent que certaines roches basiques à péridot, pyroxène, hornblende ou diallage, comme les péridotites, les diabases, les diorites, les gabbros ou les serpentines qui en dérivent, contiennent des traces de fer, cuivre, nickel, chrome, etc., à l'état oxydé ou sulfuré. La magnétite, la chalcopyrite, la pyrrhotine (pyrite magnétique) souvent nickélifère, le fer chromé, etc., arrivent à former, soit dans ces roches mêmes, soit à leur voisinage immédiat, des gisements industriellement exploitables, où le cuivre est presque toujours associé au nickel.

En Norvège, en particulier, la concentration des sulfures autour des gabbros, souvent à leur contact même, parfois dans des zones de schistes broyés qu'on nomme fahlbandes, est particulièrement nette. Les gisements, actuellement si importants, du Canada rentrent dans ce type. Nous décrirons ensuite ceux de Scandinavie, d'Italie, d'Allemagne, des États-Unis, etc.

### PYRRHOTINES NICKÉLIFÈRES DU CANADA

Les gisements de nickel de la province d'Ontario sont situés autour de la ville de Sudbury, station du Canadian Pacific Railway

(voir fig. 182). C'est l'ouverture de cette ligne qui a permis de les exploiter depuis 1888.

Le nickel s'y présente dans de grands amas lenticulaires de pyrrhotine et de chalcopyrite, qui ont été tout d'abord exploités pour cuivre. Ces amas sont intercalés dans le huronien, très plissé en cette région, suivant une direction N.-E. S.-O. et en relation

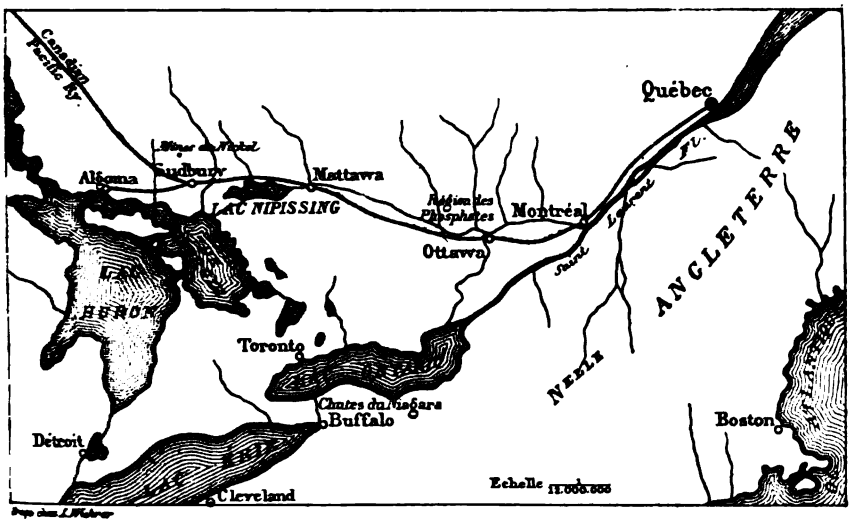



Fig. 182. — Carte de la région des gites de nickel au Canada (d'après M. Levat).

manifeste avec des diorites au contact desquelles on les rencontre. La diorite forme même souvent la gangue du minerai.

La teneur moyenne ne dépasse guère 3 à 4 p. 100 de nickel et à peu près autant de cuivre. Voici une analyse moyenne d'un minerai trié comme minerai de cuivre :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Soufre | 26,717 | | |
| Cuivre | 12,610 | | |
| Fer | 29,820 | | |
| Nickel | 3,130 | | |
| Protoxyde de fer | 6,22 | Gangue | 23,36 |
| Chaux | 4,84 | | |
| Magnésie | 2,61 | | |
| Alumine | 2,64 | | |
| Silice | 13,06 | | |

L'exploitation se fait : soit à ciel ouvert, sur des affleurements de

pyrite massive assez pauvres en cuivre et nickel (Stotbie, Creighton); soit souterrainement, sur des lentilles restreintes, tenant 3 à 5 p. 100 de nickel et autant de cuivre (Copper Cliff, Evans, Blezard). Le minerai extrait revient à environ 15 francs la tonne dans les exploitations souterraines; il subit ensuite un grillage qui coûte 2 fr. 50 et une fusion qui s'opère dans de grands water-jackets en tôle d'acier de 3 millimètres, de forme elliptique et d'une seule pièce, depuis le creuset jusqu'à la porte de chargement. La fusion d'une tonne de minerai coûte de 8 à 9 francs, la consommation de coke étant de une tonne pour une tonne de matte. On arrive ainsi à une matte tenant de 16 à 18 p. 100 de cuivre et 19 à 23 p. 100 de nickel qui doit encore subir une séparation des deux métaux et un affinage (réverbère ou convertisseur Manhès).

Au *Canada* également, la pyrrhotine nickélifère est connue depuis assez longtemps, à Oxford, dans une roche serpentineuse, et à Sterry-Hunt, dans un calcaire magnésien jugé de l'époque huronienne. Ce dernier dépôt a près de $2^m,70$ de puissance et les minerais à gangue calcaire y tiennent de 3 à 4 p. 100 de nickel. Le nickel est associé avec de la blende et du fer chromé.

*Bibliographie.*

1871. (*Engineering a. mining J.*, t. XXV.)
1889. Davies, p. 287.
1890. Sudbury Nickel deposits. (*Report by experts to the U. S. governement.*)
1890. E. D. Peters. — Sudbury ore deposits. (*T. Am. I. M. E.*, t. XVIII, p. 278.)
* 1891. Garnier. — Mines de nickel, cuivre et platine du district de Sudbury. (*Mém. de la Soc. des Ing. civ.*, mars 1891.)
* 1892. Levat. — Progrès de la métallurgie du nickel. (*Ann. d. M.*, 9e, t. I, p. 164.)

## PYRRHOTINES NICKÉLIFÈRES DE SCANDINAVIE[1]

### (RINGÉRIKE, ETC.)

La péninsule scandinave présente quelques gisements de nickel dont la production, assez considérable jusqu'au moment où elle

s'est trouvée arrêtée par la découverte des mines de Nouvelle-Calédonie, tend à reprendre aujourd'hui. Les minerais sont surtout des pyrrhotines nickélifères, parfois en relation avec des gabbros.

La première mine fut ouverte en Norvège en 1846, par une compagnie anglaise, dans le *val d'Espedal*, district montagneux du Söndre-Gudbransdal ; elle fut fermée en 1857 par suite de manque de voies de transport. Le gîte était caractérisé par des fahlbandes, c'est-à-dire des zones broyées et imprégnées de pyrrhotine nickélifère au voisinage de gabbros et d'amphibolites. On commença ensuite à exploiter les autres mines de *Ringérike* et de *Bamble* près Skien ; puis, jusqu'en 1866, on en ouvrit neuf autres dont la production totale fut d'abord de 3 450 tonnes de minerai par an et atteignit 34 550 en 1875, en même temps que la Suède produisait, en outre, 7 700 tonnes.

Ces minerais, comme tous ceux de pyrrhotine nickélifère, sont généralement pauvres. Celui de Sagmyra dans le Kopparberg, en Suède, avait pour composition dans deux filons voisins :

| | Soufre | Nickel | Cuivre | Cobalt | Fer | Silice |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Premier filon. . . | 31 | 0,50 | 0,60 | traces | 23 | 45 |
| Deuxième filon . . | 11 | 0,80 | 1 | » | 7 | 80 |

Nous décrirons principalement la mine de Ringérike :

La mine de nickel de *Ringérike* est située au Nord de Skutterud, où sont des gisements cobaltifères que nous étudierons plus loin [1], près de la station de chemin de fer de Naakerud.

Le minerai se trouve disséminé à l'état d'imprégnation dans des schistes amphiboliques et micaschistes verticaux (Telemarkschiefer) ; les imprégnations se succèdent les unes aux autres sous forme de lentilles dans une direction constante et parallèle à celle des schistes encaissants. Les schistes sont eux-mêmes très tourmentés, mais dirigés dans l'ensemble à 15°. Suivant Otto Lang, la pyrrhotine de Ringérike serait subordonnée à une roche comparable à un gabbro et formée de feldspath, pyroxène, diallage et amphibole.

[1] Page 86.

Les minerais extraits sont : de la pyrite magnétique à 2 ou 2,5 p. 100 de nickel, de la pyrite de fer et de la pyrite de cuivre.

On exploite, à ciel ouvert, trois lentilles principales, qui ont de 50 à 70 mètres de long et, au plus, 40 mètres en profondeur. La puissance de l'imprégnation va jusqu'à 20 mètres.

Le minerai, au sortir de la mine, est grossièrement scheidé ; on obtient ainsi de la pyrite magnétique formant environ 30 p. 100 du tout venant ; 5 à 10 p. 100 de pyrite de cuivre et enfin de la gangue. La pyrite magnétique est envoyée à une petite usine, à 3 kilomètres de là. Elle arrive avec une teneur de 2 à 2 1/2 p. 100 de nickel ; mais, par une série de grillages en tas et de fontes crues, on en retire un speiss enrichi, contenant jusqu'à 20 p. 100 de nickel. Vers 1875, on extrayait environ 5 600 tonnes de minerai, donnant 112 tonnes de nickel.

Une autre mine norvégienne, celle de *Ronsas* dans le Smalene, est remarquable par la localisation des sulfures métalliques (pyrrhotine, chalcopyrite, pyrite, etc...) à la périphérie d'un massif de gabbro recoupant des schistes et dans ce gabbro même. Cette disposition des sulfures divers est très fréquente en Norvège et nous aurons l'occasion de la mentionner à plusieurs reprises.

Sur la côte de *Kragéro*, des filons de quartz, avec pyrrhotine nickélifère, fournissaient, en 1875, 8 à 10 tonnes de nickel.

Vers *Christiansand*, il existe également des veines de quartz avec pyrrhotine nickélifère.

En Suède enfin, on peut citer Klefva, Sagmyra, etc.

A *Klefva*, en Smaland, on a exploité de la pyrite magnétique, soit en amas, soit en imprégnations dans des gneiss. Le minerai tenait, en 1873, au plus 3 p. 100 de nickel et 1 à 1 1/2 de cuivre et, en moyenne, 1 1/2 de nickel et 1/2 de cuivre. En 1875, la mine produisait 3 246 tonnes de minerai, correspondant à environ 46 tonnes de nickel.

Les exploitations de *Sagmyra*, entre Falun et le lac Siljan, dans le district de Kopparberg, portaient surtout sur les filons de Stättberg et de Kusa. La pyrite magnétique tenait : à Stättberg, 1/4 de nickel et 1/2 de cuivre ; à Kusa 3/4 p. 100. En 1875, ces mines produisaient 4 489 tonnes de minerai, soit environ 36 tonnes de nickel, dont 25 à Stättberg et 10 à Kusa.

*Bibliographie.*

1879. Nickel Vorkommen in Europa. (*Berg. u. H. Z.*, 1879, p. 359.)
1887. Flechner. — (*Oestr. Zeits. f. B. u. H.*, t. XXXV.)

## PYRRHOTINES NICKÉLIFÈRES D'ITALIE

### (SVARALLO, COPELLO, VAL SESIA, ETC.)

L'Italie présente, dans le Piémont, un assez grand nombre de gisements de pyrrhotine nickélifère qui ont eu quelque importance avant 1880; ces gisements, en relation avec des serpentines, des diorites, des euphotides, etc., contiennent souvent un peu de chalcopyrite[1]. En Sardaigne, on a trouvé également le nickel à l'état de pyrrhotine associée avec des arséniosulfures de nickel.

D'une façon générale, dans l'Italie du Nord et l'Italie Centrale, les traces de nickel sont, en outre, fréquentes dans les serpentines et dans certaines ophites, comme celles de Bombiana (province de Bologne).

Dans les Alpes Piémontaises, il existe quelques mines de nickel, par exemple celle du *Mont Cruvin* (commune de Bruzolo); celle de *Besighetto* (commune de Balme), où se présentent, dans la diorite, deux filons quartzeux minéralisés de 0,50 de puissance; celles de Mezzenile, de Cabianca et quelques autres de moindre importance. Dans ces gîtes, on trouve une pyrrhotine tenant de 0,4 à 4,5 p. 100 de nickel, en relation avec des roches vertes antesiluriennes; Baretti, dans son livre sur le Gran Paradiso[2], cite encore les mines de Usseglio et de Balme et montre comment la pyrrhotine se trouve avec des serpentines et des euphotides, tandis que la rammelsbergite et la smaltine, au contraire, traversent des roches amphiboliques.

D'autres gisements comparables se rencontrent aussi dans la province de Novara, au *Val Sesia* et à ses embranchements et toujours dans cette même zone des roches vertes. Dans le haut

[1] Association du nickel et du cuivre déjà signalée plus haut, pages 60, 62, etc.
[2] Page 303.

Val Sesia et plus particulièrement dans le Val Sorba qui en es une branche, sont ceux du *Val Barbina* (commune de *Scopello*) de *Varallo*, de *Valmaggia*, de *Cevia*, etc.; dans le Val Sesia infé rieur, ceux de *Locarmo* et de *Parone*.

Ces mines de Varallo, Scopello, Locarmo, etc., sont aujourd'hu toutes abandonnées.

Le minerai qu'on trouve habituellement dans ces gîtes du Va Sesia est la pyrrhotine nickélifère.

La pyrrhotine des deux principales mines de Varallo tient :

A Valmaggia . . . . . 3,32 de Ni.
A Cevia . . . . . 3,01 de Ni et 1,75 de Cu.

Mais cette teneur est un peu diminuée par le mélange intime d l'amphibole et d'autres minerais. L'analyse complète est la sui vante :

| | Amphibole. | Soufre. | Ni. | Cu. | Co. | Fe. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Cevia . . . . . | 50,00 | 28,00 | 1,20 | 0,50 | 1,00 | 20,00 |
| Sella-Bassa (Varallo) . | 50,00 | 28,00 | 1,44 | 0,72 | 0,36 | 20,00 |

Ce n'est qu'exceptionnellement que les minerais tiennent plus d 4 à 5 p. 100 de nickel.

Dans d'autres anciennes mines, telles que celle de Locarmo e Parone, la pyrrhotine était mêlée à du sulfure de nickel, de l chalcopyrite, de la magnétite et de la limonite; sa teneur étai plus élevée; le minerai contenait :

| | Ni | Co | Cu |
|---|---|---|---|
| Parone . . . . . | 6,0 | 2,3 | 2,5 |
| Locarno. . . . . | 5,5 | 0,6 | 2,0 |

Les roches encaissantes, dans les gisements du Val Sesia, son la diorite et d'autres roches vertes, comme la serpentine, etc., tra versant elles-mêmes les gneiss et micaschistes. A *Locarmo* et *Parone*, comme dans les mines de *Sella-Bassa*, les micaschistes e les gneiss sont recoupés par un amas de roche verte, long d 20 kilomètres et large de 4, dirigé N. 20 E. Cette roche, quali fiée de diorite très amphibolique par M. Lévy, comprend, d'après Stelzner, des amphibolites pures, des gabbros à bronzite et une roch composée de hornblende, bronzite et olivine, etc. C'est dans ce amas et à son contact avec le gneiss que se trouvent, dans de

conditions analogues à celles des gisements scandinaves, les filons métallifères composés, en parties presque égales, de pyrrhotine nickélifère et d'amphibole. Il n'est pas rare de voir cette pyrrhotine associée à la chalcopyrite, ce qui explique la présence du cuivre dans les analyses.

D'après V. Groddeck, l'amas métallifère aurait 30 mètres de long sur 5 à 10 de large.

Il y a une trentaine d'années, la production de ces mines du Val Sesia a été assez forte ; les mines de *Cevia* et de *Sella Bassa* donnèrent alors 800 et 2000 tonnes de minerai par an. Pour le seul district de Turin, la production, en 1875, atteignit le chiffre de 2453 tonnes ; à la fin de 1876, elle y était encore de 1 460 tonnes. Mais, depuis la découverte des mines de nickel de Nouvelle-Calédonie, l'extraction du nickel y a été suspendue.

En *Sardaigne*, on a découvert du nickel vers 1880, dans la commune de Gonos-Fanadiga, et on a exploité quelque temps la mine de Fenegusibiri, dans un filon quartzeux qui traverse des schistes siluriens.

Le minerai de ce filon se compose de nickéline (Ni As), de millérite et d'arsénio-sulfures associés à de la pyrrhotine nickélifère, qui contient, outre le nickel, du cobalt et du bismuth et dont la richesse augmente d'abord avec la profondeur.

| Teneur aux affleurements. | Teneur à 20 mètres de profondeur |
|---|---|
| 7 p. 100 de Ni | 20 p. 100. de Ni. |
| 2 — de Co | 5 — de Co. |
| 1 — de Bi | 5 — de Bi. |

La production de l'Italie en minerais de nickel était, il y a une quinzaine d'années, la suivante :

| | 1875 | 1876 | 1877 | 1878 | |
|---|---|---|---|---|---|
| District d'Iglésias (Sardaigne) . | 36 | 19 | 0 | 0 | tonnes. |
| District de Turin. . . . . | 2453 | 1460 | 1065 | 130 | — |
| Total. . . . . | 2489 | 1479 | 1065 | 130 | — |

Aujourd'hui toutes ces mines sont arrêtées.

*Bibliographie.*

1869. M. Lévy. — (*Neues Jahrb. f. Mineral*, 1869, p. 77.)
1873. Jervis. — Tesori sott. d'Italia, I, 139.
1876. Stelzenr. — (*Zeitschr. d. d. geol. Gesell.*, 1876, p. 623.)
1877. Bombicci. — Contrib. miner. ital., p. 39.
1877. Badoureau. — Métall. du nickel. (*Ann. d. M.*, 7e, t. XII, p. 217.)
* 1883. d'Achiardi. — I metalli, etc., t. II, p. 22.
1884. Groddeck, p. 198.

## PYRRHOTINES NICKÉLIFÈRES D'ALLEMAGNE DES ÉTATS-UNIS, etc.

**Allemagne.** — On peut mentionner, en Allemagne, quelqu gisements de pyrrhotine nickélifère. C'est ainsi que, dans le duc de Bade, à *Horbach* et à *Urberz*, des schistes dioritiques renfe ment de la pyrite, de la chalcopyrite et de la pyrrhotine à teneur de 5,6 p. 100 de cuivre, et 2,5 p. 100 de nickel, teneur q s'élève parfois à 12 p. 100. Dans ces mines du duché de Bad on rencontre les minerais communs de nickel et de cobalt quelques variétés particulières, comme la Wolfachite [2Ni $S^2$ 3Ni (As Sb)] et l'Horbachite $(Fe, Ni)^2S^3$, qui tirent leurs noms d localités où on les a découvertes.

Fleschner indique, en outre, la mine de *Saint-Blasien*, dans Forêt Noire, qui, de 1870 à 1880, a donné de 15 à 16 tonnes nickel avec des minerais à 2 p. 100 de nickel et 0,7 de cuivre.

L'association des pyrrhotines nickélifères avec des roches ver de différentes natures est, comme nous l'annoncions plus haut, fait fréquent que nous retrouverons dans divers gisements q nous reste à indiquer : Etats-Unis, Argentine, Chili, etc.

**Etats-Unis, etc.** — Aux *États-Unis*, il existe des pyrrhotir nickélifères à teneur très élevée. C'est ainsi que la mine Walla sur le lac Huron, où l'on exploite des pyrites nickélifères, mêl d'arséniures, donne, dans ses meilleurs étages, des minerais tiennent jusqu'à 14 p. 100 de pyrite.

Les mines de Pensylvanie comptent parmi les plus important

celle de Lancaster Gap produit des pyrites à 1 1/2 et 2 p. 100 de nickel.

Près de Texas (comté de Lancaster), en Pensylvanie, et à Troy dans le Vermont, on a rencontré la zaratite [$Ni^3$ $(HO)^2$ $CO^3 + 4$ Aq] dans une roche serpentineuse, et associée à ses produits de décomposition, comme le talc et la stéatite, ainsi qu'à la chromite.

On peut encore citer les mines de la Motte, dans le Missouri.

Enfin, nous indiquerons immédiatement l'existence aux États-Unis de quelques mines qui produisent, non plus des pyrites, mais des arséniures ou des minerais oxydés[1].

La principale mine d'arséniures est celle de *Chatam*, près Middletoun en Connecticut, où l'on exploite des minerais de nickel et de cobalt tenant jusqu'à 9 p. 100 de chacun des deux métaux.

En dernier lieu, il faut ajouter que les minerais de cuivre du Lac Supérieur contiennent un peu de nickel[2].

La plupart des mines qui obtiennent ainsi, comme produits secondaires, des speiss nickélifères les envoient à des usines spéciales telles que celle de William Coffin et C°, à Camden, près Philadelphie.

La production annuelle des États-Unis est évaluée à 70 ou 80 tonnes de nickel.

L'Amérique du Sud, l'Asie et l'Océanie contiennent également quelques gîtes nickélifères sans importance industrielle.

Dans la *République Argentine*, on connaît près de Jagüe, dans la mine Solitaria (province de Rioja), des filons de niccolite, et d'autres filons nickélifères de pyrrhotine et de chalcopyrite sur la Sierra de Salamanque, à environ 156 kilomètres au Sud de Mendoza.

Au *Chili*, on a trouvé des minerais de nickel dans les mines de l'Huasco, Chanarchillo et Atacama.

En *Sibérie*, on obtient un peu de nickel dans l'Oural et l'Altaï.

Aux *Indes*, dans la région de l'Arvali, on a découvert de grandes quantités de minerais de nickel, par exemple à Oodeypoore. On en a rencontré dans la mine de Rajputana et, d'après M. Mallet,

[1] Voir pour ces minerais le paragraphe suivant, page 70.

[2] Nous avons déjà eu à signaler, dans bien des gîtes, le rapprochement du nickel et du cuivre, p. 60, 62, 65, etc.

dans la pyrrhotine de Khetri, ainsi que dans des minerais de fe de Bhangarh.

*Bibliographie.*

1879-80. R. Bréon. — Présence du nickel et du rutile dans le filon de pyrit de *Chizeuil*. (*B. S. G.*, 3e série, t. VIII, p. 291. Paris, 1879-80.)

1887. Heusler. — Ueber ein Nickelerz von der Grube *Storch und Schönsberg* (*Sitzungs berichte des naturhistorichen Vereines der preussischen Rheinland. Westfalens und des Reg Bezirks Osnabruck*. 5e série, 4e année, p. 67. Bonn, 1887.)

1888. Clarke. — Some nickel ores from *Oregon*. (*Bull. of the New-York state museum of natural History*, Albany, 1888.)

1889. F.-H. Snow. — The *Logau County* nickel mines. (*Transactions of the 20th and 21th annual meetings of the Kansas Academy of Science*, t. XI, p. 39.

Hacket. — Useful. min. of the *Arvali* reg. (*G. sur. India*, 13, 4, 248.

# III. — ARSÉNIURES DE NICKEL ET MINERAIS DE NICKEL COBALTIFÈRES

Nous étudierons, dans cette catégorie de gisements, ceux d'Allemagne (Schneeberg et Dillenburg), d'Autriche (Dobsina, Schladming, Leogang), d'Espagne, de France, de Suisse, d'Angleterre, etc. ; nous rappellerons, aux États-Unis, la mine de Chatam, en Connecticut, mentionnée avec les pyrrhotines [1].

## GISEMENTS DE NICKEL ALLEMANDS

Les gisements de nickel allemands ont encore une certaine importance et en ont eu une très grande autrefois. Le nickel s'y rencontre, soit à l'état d'arséniures et sulfures, comme la niccolite, la gersdorfite ($Ni S^2 + Ni As^2$), la millérite ($Ni S^2$), la chloanthite [$(Ni, Co, Fe) A S^2$] ; soit associé à du cobalt, souvent dans des filons argentifères.

Les mines les plus productives sont celles de *Saxe* [2], particuliè-

[1] Page 69.

[2] Coll. *Ecole des Mines*, 1310.

rement des environs de Schneeberg, Lindenau, Zschorlau et Neustättel, dont nous reparlerons quand nous étudierons, au chapitre du *Plomb*, le champ de filons complexe de Freiberg. Il existe là, dans une région montagneuse formée de micaschistes et de phyllites, qui reposent au Sud sur le granite de l'Eibenstock, près de 150 filons rapprochés sur $3^k,8$ de large et 9 kilomètres de long. Le nickel et le cobalt y sont associés avec des minerais de plomb et d'argent.

Dans le *Riesengebirge*, on retrouve des filons quartzeux nickélifères au milieu de schistes micacés, près de Nieder-Regensdorf, dans le district de Liegnitz. Sur le bord oriental du Harz, dans le *Mansfeld*, près de Sangerhausen, Gerbstädt et Hettstädt, on connaît des filons analogues.

De même, dans le *pays de Siegen* et d'autres parties de la *Westphalie*, les minerais de nickel, associés avec ceux de cobalt, plomb, cuivre et bismuth, se trouvent dans des filons qui recoupent le dévonien : le dévonien moyen près d'Altenrath (environs de Siegen) ; le dévonien inférieur à Busenbach, Wingershardt et Schönstein (arrondissement d'Altenkirchen), à Müsen (Siegen) et près de Rohnard (Olpe).

Dans les *Vosges*, près de Markirch ; à Schiltbach, dans la *Forêt Noire*, des filons contiennent nickel, cobalt, argent, etc.

Un assez grand nombre d'autres gîtes rappellent, par leur allure, ceux de pyrrhotine nickélifère, en relation avec des serpentines ou des gabbros, que nous avons étudiés plus haut. Les péridotites calcaires anciennes que V. Groddeck a décrites sous le nom de paléopicrites, contiennent presque toujours, dans leur masse, une certaine proportion de nickel qui, à Dillenbourg (Nassau), est de 0,160 à 0,666 avec du cuivre, du cobalt et du bismuth. Quand ces péridotites se sont altérées et transformées en serpentine, le nickel s'est parfois concentré en veines au milieu d'elles.

Ainsi à la mine Hülfe Gottes, à *Nanzenbach*, près de Dillenbourg (Nassau), on a exploité longtemps un gîte formé d'un mélange de dolomie, de sidérose, de chalcopyrite, de millérite, de bismuthine, de pyrite de fer, d'hématite rouge et de quartz. L'exploitation portait autrefois sur divers filons principalement cuprifères ; elle amena, en 1841, la découverte d'un filon nickélifère qui ne se

montra minéralisé que dans la serpentine et devint stérile e pénétrant dans le schalstein.

V. Groddeck a rapproché de ce gîte celui de Bellnhausen (grand duché de Hesse), à trois lieues de Marbourg, et celui de Dobsin (Hongrie).

## GITES DE NICKEL DE DOBSINA, SCHLADMING, ETC.

**Dobsina (Hongrie).** — A *Dobsina*[1], on a, dans des conditions qu rappellent les gîtes de Norvège, des filons de contact entre u gabbro émietté et broyé, partiellement transformé en serpentine et des phyllades verts quartzifères. Les filons, qui se ramifient en stockwerk et ne sont jamais nettement séparés de l roche encaissante, atteignent jusqu'à 8 mètres de large et donnent des minerais contenant jusqu'à 17 p. 100 de nickel ave 5 p. 100 de cuivre, un peu de cuivre gris, de chalcopyrite, d cobalt, etc., et, comme gangues, de la sidérose et de la calcite

*Bibliographie.*

1863. V. KŒNEN. — Sur le gîte de Nangenbach. (*Zeits. d. d. geol. Gesel.*, t. XV, p. 14.)
1868. G. FALLER. — Sur le gîte de Dobsina. (*B. u. H. Jahr. d. K. K. Ost. Bergac.*, t. XVII, p. 165.)
1879. POSEWITZ. — (*Verh. d. kk. g. R.*, in Wien, 3, 79.)
1884. GRODDECK, p. 218, et D'ACHIARDI, t. II, p. 26.
1887. FLESCHNER. — (*Oest. Zeitsch. f. B. u. H. W.*, t. XXXV, p. 4.)

**Schladming (Styrie).** — La mine de Schladming, en Styrie, a été exploitée pour argent dès le XV[e] siècle ; puis, pour argent et cobalt, à la fin du dernier siècle ; enfin, depuis 1832, sur l'initiative du Hofrath V. Gerdorff, on a commencé à extraire également le nickel, qui, jusque-là, était perdu dans les haldes.

Ce gisement présente un premier exemple de phénomènes que nous aurons à étudier à l'occasion du gîte d'argent de Kongsberg

[1] Ou Dobschau. Nous aurons à y revenir au chapitre du *Cobalt*, p. 81. D'après Posewitz, le gabbro serait une diorite.

(Norvège) : la rencontre de filons avec des zones de schistes métamorphiques imprégnés de sulfures divers qu'on appelle ici des *brandes*, ailleurs des *fahlbandes* et leur enrichissement, ici en nickel, là en argent, à ces intersections. La région est formée de schistes cristallins, schistes amphiboliques et gneiss. Les brandes, au nombre de six principales qui se prolongent sur des kilomètres de long, sont chargées de pyrite, pyrrhotine et mispickel ; elles

Fig. 183. — Vue perspective du gîte de Schladming (d'après M. Flechner).

ont de 0,50 à 30 mètres de large. C'est dans ces brandes, particulièrement dans la Vötternbrande qui a 6 mètres de large et la Neualpnerbrande qui en a 17, qu'on exploite les métaux précieux. Les filons, au nombre de 13, sont tous à gangue calcaire et contiennent des nids de cuivre gris, de mispickel et de minerais argentifères ; à la traversée des brandes, ils se resserrent et disparaissent presque et l'on voit, à leur place, des nids de minerais de nickel ayant parfois plusieurs mètres de long et un mètre de large. Parmi ces minerais, on peut citer la nickéline, la cobaltine, la chloanthite, la smaltine, le cuivre gris, etc.

Les minerais triés, tels qu'ils viennent à l'usine, contiennent environ 1 p. 100 de nickel, 1/2 à 1 p. 100 de cobalt et des traces de cuivre.

Les minerais argentifères renferment, dans les parties les plus riches, jusqu'à 14 p. 100 de cuivre, 0,4 p. 100 d'argent et 4 à 5 p. 100 de nickel et cobalt.

Ces mines de Schladming (V. Gersdorffschen Nickelwerke) ont produit, avant 1880, au maximum, 12 à 14 tonnes de nickel par an, dans l'usine de fusion de la vallée d'Hopfrisn et l'usine de raffinage de Mandling.

*Bibliographie.*

1860. Fuchs. — Métallurgie du nickel en Styrie (*Ann. d. M.*).
1860. Aigner. — (*B. u. H. Jahrb. d. K. K. Ostr. Bergac.*, t. IX, p. 560.)
1876. Brochure de la Société de Gersdorff à Schladming.
1879. Nickel Vorkommen in Europa. (*B. u. H. Z.*, p. 358.)
1884. V. Groddeck, p. 289.
1887. Flechner. — (*Östr. Zeits..f. B. u. H.*, t. XXXV.)

**Leogang (Salzbourg).** — A Leogang, on exploite des arséniures de nickel associés avec des pyrites nickélifères et cobaltifères. Ces mines produisaient, vers 1880, de 2 à 3 tonnes de nickel par an.

**Espagne.** — En *Espagne*, aux deux extrémités de la péninsule, on rencontre des minerais de nickel : au Nord, près du cap Hortegal en Galicie, où l'on trouve la zaratite ($Ni^3$ $(HO)^4$ $CO^3 + 4Aq$), et, dans les Pyrénées, à Gistain (province de Huesca); au Sud, près de Malaga, où l'on a signalé des pimélites à 9 p. 100 de nickel[1].

**France.** — En *France*, on connaît des minerais de nickel dans les Alpes, par exemple à Allemont, dans le Dauphiné[2], et dans les Pyrénées, sur le mont Ar près des Eaux-Bonnes ; les minerais sont la niccolite, la rammelsbergite, etc. Ces gisements ne sont pas exploités.

**Valais (Suisse).** — En *Suisse*, on peut rapprocher du type de Schladming les minerais du Val d'Annivier, près de Sierre en Valais. Là aussi, on retrouve, dans des schistes talqueux et amphiboliques, des fahlbandes pyriteuses qui s'enrichissent à la rencontre de filons transversaux de cobalt et de nickel contenant, eux-mêmes chloanthite, nickéline et sidérose. Il s'est développé des filons couches renfermant du mispickel cobaltifère, de la cobaltine, de la chloanthite, du bismuth natif, etc.

Les affleurements nickélifères sont nombreux sur la crête d'Omberenza, dans le Valais. La roche encaissante des filons est

[1] Meissonnier. C. R., 1876, p. 229; cf. d'Achiardi, II, 24. Voir également plus loin, p. 83.
[2] 1855. Gueymard. Sur les gîtes de nickel de l'Isère. (*B. S. G.* 2e, t. XII, p. 515.)

un schiste vert et gris. Sur le *Kaltberg*, où se trouvent surtout ces gisements, on connaît 7 filons métallifères, explorés de 1874 à 1877 ; on en a découvert d'autres à *Plantorenz*, à une altitude de 2 990 mètres au-dessus du niveau de la mer ; et enfin d'autres affleurements, qui ne sont que la continuation des filons précédents, existent près de Zerbitzen, à Grand-Paz et à Gollyre, près de Ayer dans le val d'Annivier.

Le minerai de ces gisements est un mélange de niccolite (Ni As), de rammelsbergite (Ni $As^2$), de cobaltine et autres espèces ; la teneur en nickel de ces minerais semble être assez élevée, comme l'indiquent les analyses suivantes dues à Heusler :

| | VAL D'ANNIVIER | | | | MINERAI DE KALTBERG | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Pyrite nickélifère rouge | | Pyrite nickélifère blanche | Mélange des deux | | | |
| Ni. . . . . | 30,3 | 38,9 | 26,75 | 28,58 | 17, 5 | 13,70 | 9,60 |
| CO. . . . . | 8,9 | 1,2 | 3,93 | 10,30 | 10, 5 | 1,42 | 3,75 |
| Fe. . . . . | » | » | 1,40 | » | » | » | » |
| Bi. . . . . | » | » | » | » | » | 0,89 | 2,11 |
| AS. . . . . | 60,7 | 59,9 | 65,02 | 61,12 | 72,07 | » | » |
| S . . . . . | » | » | 2,99 | » | » | 36,00 | 16,20 |
| | 99,9 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,007 | 52,01 | 31,66 |

*Bibliographie du nickel dans le Valais.*

1869. A. Ossent. — (*B. u. H. Zeit.*, p. 13.)
1876. Heusler. — (*Zeitschr. d. d. geol. Gesellsch.*, t. XXVIII, p. 243.)
*Sept. 1881. Deshayes. — Gites métallifères des Alpes Valaisannes. (*Génie civil.*)
*1883. d'Achiardi. — I metalli, etc., t. II, p. 25.
1884. Groddeck, p. 141, 286.

**Iles Britanniques.** — On exploite des minerais de nickel à Merthyr-Tydril, en Angleterre, et à Craigmuir près d'Inverary (Argyleshire), en Ecosse. En ce dernier point, on extrait un minerai assez riche, la pentlandite (Ni S + n Fe S) qui, suivant divers essais, donne un rendement de 7 à 22 p. 100 de nickel. En outre, on a découvert, en 1870, de nombreux amas de cobalt nickélifère

dans le calcaire carbonifère du Flintshire et on a ouvert la mine de Voel-Hiraddog dont nous parlerons plus loin[1] au chapitre du cobalt. De 1870 à 1885, cette mine a fourni 675 tonnes de minerai à environ 2 et 3 p. 100 de nickel.

La production des Iles Britanniques en minerais de nickel et cobalt a été :

| 1878 | 1879 | 1880 | 1881 |
|---|---|---|---|
| 100t,5 | 123 | 50 | 64 |

*Bibliographie.*

1879. *Mining Journal*, 23 août 1879; 1880, p. 1043; 1881, p. 1161; 1882, p. 1097.

1882. Le Neve Foster. — On the occurr. of cobalt ore in Flintshire. (*Trans. R. g. S. of Cornwell.*)

1883. d'Achiardi. — I metalli, etc., t. II, p. 28.

[1] Voir page 89.

# COBALT

Co; Eq = 29,5. P. At = 59.

**Usages.** — Le cobalt est employé, depuis le XVI^e^ siècle, pour la production de verres et d'émaux bleus d'une magnifique nuance; mais il n'a été distingué, comme métal particulier, qu'en 1733 par Brandt. Son nom vient, paraît-il, de celui des Kobbold, génies des mines.

A l'état métallique, il n'a encore que fort peu d'usages, quoiqu'on soit arrivé, dès 1862, à Birmingham (maison Evans et Askin) à en préparer de beaux lingots fondus et qu'il puisse y avoir là, pour l'avenir, le jour où le cobalt baisserait suffisamment de prix, une source de débouchés sérieux.

Allié au bronze, le cobalt lui communique une certaine dureté; des régules de cobalt et de cuivre, produits d'affinage de l'usine de Septèmes, ont pu être employés pour faire des coussinets. Toutefois le cobalt, même en faible proportion, rend, à moins de précautions spéciales, le cuivre dur et difficile à travailler.

Le véritable emploi industriel de ce métal, c'est la préparation du *bleu de cobalt ou azur,* formé par la dissolution de l'oxyde de cobalt dans un verre à base de potasse.

On prépare l'azur ou smalt en grillant le minerai afin d'éliminer l'arsenic et de convertir le fer en sesquioxyde, dont la couleur jaune orange est neutralisée par le bleu, tandis que le protoxyde donne un vert désagréable. Puis le minerai grillé est chauffé dans un creuset de verrier avec du quartz et du carbonate

de potasse. La masse fondue, on écume, à la surface, le *fiel de verre* et on le rejette ; on reprend et on jette dans l'eau la masse bleue fondue ; puis on la broie.

Pour avoir les qualités supérieures, au lieu de partir du minerai, on part de l'oxyde de cobalt purifié.

Le bleu le plus beau est le *bleu d'Eschel,* qui sert pour azurer le linge.

Le *bleu Thénard,* plus opaque que l'azur et couvrant mieux, s'obtient en calcinant un mélange d'alumine et de phosphate de cobalt.

En remplaçant l'alumine par l'oxyde de zinc, on a un vert très solide, appelé *vert de Rinnmann.*

L'industrie du cobalt a eu à souffrir de la découverte de l'outremer (silicate de soude) ; plus récemment elle a été atteinte, en outre, par la vogue de plus en plus grande des couleurs d'aniline, plus fraîches et moins coûteuses, mais très rapidement altérables.

Néanmoins la baisse de prix considérable résultant de la découverte des minerais de Nouvelle-Calédonie, qui a eu pour effet de faire tomber le prix du kilogramme d'oxyde de 60 à 20 francs, lui permet de soutenir la concurrence des autres matières colorantes bleues, incapables d'ailleurs de le suppléer dans un grand nombre d'emplois.

**Minerais.** — Les principaux minerais de cobalt sont :

A. Minerais non oxygénés : 1° *Cobalt* natif.
2° Sulfures. *Jaipurite :* CoS ; teneur : 64,8 p. 100 de Co.
3° Arséniures. *Smaltine :* $CoAS^2$ ; teneur : 28,2 p. 100 de Co.
*Chloanthite :* (Co, Ni) $As^2$ ; teneur : de 0 à 28,2 p. 100 de Co.
*Skutterudite :* Co $As^3$ ; teneur : 20,7 p. 100 de Co.
4° Arsénio-sulfures. *Cobaltine :* CoSAs ; teneur : 35,5 p. 100 de Co.

B. Minerais oxygénés : *Hétérogénite :* $Co^5\ O^7 + 6$ Aq ; teneur : 57,3 p. 100 de Co.
*Erythrine :* $Co^3\ [AsO^4]^2 + 8$ Aq ; teneur : 29,5 p. 100 de Co.
*Asbolite :* (minerai de la Nouvelle-Calédonie).

Voici les analyses de quelques minerais de cobalt [1] :

[1] D'Achiardi II, p. 43, etc.

| | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Co. | 28,30 | 21,21 | 13,95 | 20,31 | 19,73 | 20,01 | 33,71 | 30,37 | 9,62 | 33,10 |
| Ni. | traces | » | 1,79 | » | » | » | » | » | » | » |
| Fe. | 7,83 | 11,60 | 11,71 | 3,42 | 4,27 | 1,51 | 1,63 | 5,75 | 24,09 | 3,23 |
| S. | 19,46 | 0,49 | 0,66 | 0,88 | 1,53 | 0,69 | 19,35 | 19,75 | 19,08 | 20,08 |
| As. | 43,87 | 66,06 | 70,38 | 74,21 | 74,47 | 77,64 | 43,31 | 44,13 | 43,14 | 43,46 |
| Sb. | traces | » | » | » | » | » | » | » | 1,04 | » |
| Bi. | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » |
| Gangue | 0,80 | » | » | » | » | » | » | » | » | » |
| Cu. | » | 1,90 | 1,39 | 0,16 | » | » | » | » | 2,36 | » |
| | 100,26 | 101,26 | 99,88 | 98,98 | 100,00 | 100,05 | 100,00 | 100,00 | 99,33 | 99,87 |

I. Jaipurite de l'Inde. Analyse de Mallet.
II. Smaltine (Safflorite) de Schneeberg. An. Jäckel.
III. Smaltine (Safflorite) de Schneeberg. An. Hofmann.
IV. Smaltine de Riechelsdorf. An. Stromeyer.
V. Smaltine de Glucksbrunn.
VI. Skutterudite de Skuterud. An. Scheerer.
VII. Cobaltine de Morgenrothe (Siegen). An. Schnabel.
VIII. Cobaltine d'Oravicza (Banat). An. Huberdt.
IX. Ferrocobaltite de Hamberg (Siegen).
X. Cobaltine de Skutterud. An. Stromeyer.

**Centres de production.** — La statistique internationale française donne les chiffres suivants :

| | 1887 | | 1888 | | 1889 | | 1890 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Minerais | Métal | Minerais | Métal | Minerais | Métal | Minerais | Métal |
| Nouvelle-Calédonie | 3.000 t. à 80 fr. | | ? | | 2 185 t. | | 2 200 t. à 100 fr. | |
| Saxe (Minerais de nickel et cobalt.) | | | 64 t. | 438 t. | 273 t. à 2 188 f. | 499 t. à 7 407 fr. | 651 t. | 40 t. à 2 425 fr. |
| Prusse | | | 33 t. à 148 fr. | | 503 t. à 27 fr. | | | |
| Suède | 231 t. | 4 t. | 969 t. | 3 t. | | | 266 t. | 6 t. |
| Norvège (Minerais de nickel et cobalt.) | » | | ? | | ? | | 5 540 t. à 46 fr. | 6 t. |
| Angleterre (Minerais de nickel et cobalt.) | | | 154 t. à122 fr. | | 157 t. à 155 fr. | | 85 t. à 77 fr. | |
| Hongrie (Minerais de nickel et cobalt.) | 176 t. à 955 fr. | | « | | » | | | |
| Espagne | 62 t. à 339 fr. | | 68 t. à 397 fr. | | | | | |
| États-Unis | | | | 6 t. | | | | |

La *Nouvelle-Calédonie*, devenue aujourd'hui le centre principal de production du cobalt, a exporté, en 1890, 2 200 tonnes de minerai d'une teneur variant de 3 à 5 p. 100 et ayant pu produire, par

suite, environ 80 000 kilogrammes. La première concession date seulement de 1876.

La *Saxe* produisait, en 1867, 400 tonnes de minerai de cobalt par an ; en 1879, nous voyons sa production réduite à 50 tonnes ; puis, en 1888, nous trouvons 64 tonnes de minerai très riche (nickel, cobalt et bismuth) estimées 11 663 francs et une production correspondante de 438 tonnes de cobalt ; en 1889, 273 tonnes de minerai à 2 188 francs la tonne et 499 tonnes de cobalt.

La mine principale est celle de Schneeberg.

L'*Allemagne* entière produisait, en 1870, 455 tonnes de minerai, dont 212 tonnes, valant 258 000 francs, provenaient de Schneeberg ; en 1879, 363 ; en 1880, 357, d'une valeur moyenne de 2 200 francs la tonne.

La *Suède* (Tunaberg, etc.) a donné : en 1876, 120 tonnes de minerai ; en 1880, 70 tonnes ; en 1887, 231 tonnes ; en 1888, 969 tonnes ; en 1890, 266 tonnes de minerai et 6 tonnes de cobalt.

La *Norvège,* avec les pyrites cobaltifères de Skutterud, Snarrum, etc., a produit : en 1865, 7 800 tonnes de pyrites cobaltifères ; en 1870, 1 000 tonnes ; en 1875, la mine de Skutterud a été arrêtée, puis reprise par une compagnie saxonne ; en 1882, la production de minerai de cobalt calciné était de 86 tonnes. En 1890, il a été extrait 3 540 tonnes de minerais de nickel et de cobalt à 46.

En *Hongrie*, on peut citer la mine de Dobsina, qui produit également du nickel ; en Autriche, Joachimsthal, qui a donné, en 1866, 448 kilogrammes d'oxyde de cobalt.

En *Espagne*, on a signalé récemment des gîtes dans les Asturies. Il en existe dans le val de Gistain, dans les Pyrénées.

En *Angleterre,* on a produit, en 1878 : 100 tonnes ; en 1879, 118 tonnes ; en 1881, 64 tonnes ; en 1889, 157 tonnes de minerais de nickel et de cobalt ; en 1890, 85 tonnes. La seule mine exploitée est celle de Voel Hiraddog, en Flintshine, etc.

Aux *Etats-Unis*, on produit de 4 à 5 tonnes d'oxyde de cobalt par an. On en consomme environ 17 tonnes dont les 95/100 vont à la coloration des poteries et le reste à celle des verreries.

La consommation générale de cobalt dans le monde est évaluée, au maximum, à 200 000 kilogrammes par an, dont la Nouvelle-

Calédonie produit au moins 80 000, la Saxe 49 000, la Suède et la Norvège 37 000, les Etats-Unis 4 000, etc.

Le prix du cobalt oxydé était de 60 francs le kilogramme vers 1875; il est aujourd'hui de 20 francs; en 1885, les statistiques comptaient 15 000 francs la tonne de cobalt en Norvège; en 1889, 7 400 francs la tonne de cobalt en Saxe.

## GISEMENTS DE COBALT — GÉNÉRALITÉS

La grande analogie et l'intime liaison naturelle qui existent entre le nickel et le cobalt font que les remarques générales, précédemment indiquées à l'occasion du nickel, s'appliquent également, pour la plupart, au cobalt et qu'un grand nombre de gîtes, à la fois cobaltifères et nickélifères, se trouvent avoir été déjà décrits au chapitre du *Nickel*. Ces gîtes, nous l'avons dit, sont de trois catégories :

1° Inclusions dans des péridotites, serpentines, paléopicrites, etc., donnant, sous des actions superficielles, des minerais oxydés;

2° Sulfures et arsénio-sulfures concentrés à la périphérie des massifs de gabbro ou de diorite;

3° Eléments du remplissage de filons complexes.

1° Comme exemple du premier type, nous rappellerons que la paléopicrite de *Dillenbourg* (Nassau) contient de 0,162 à 0,666 p. 100 de nickel avec du cobalt, du bismuth et du cuivre.

Nous avons vu, de même, que les gîtes de la *Nouvelle-Calédonie*[1], qui fournissent aujourd'hui près de la moitié du cobalt consommé dans le monde, le présentent sous forme d'oxyde manganésifère dans des poches d'argile résultant de la décomposition locale de serpentines.

2° A *Dobsina*, en Hongrie[2], des filons très ramifiés, qui sont, en réalité, des imprégnations de zones froissées, à la façon des fahlbandes, dans des phyllades, au contact de gabbros, contiennent un peu de cobalt en même temps que du nickel.

[1] Voir page 49.
[2] Voir page 72.

Nous ne reviendrons pas sur ces divers gîtes qui ont été décrits précédemment.

3° Le cobalt, sous forme d'arsénio-sulfures et de sulfures divers, entre, comme les autres métaux, plomb, zinc, fer, cuivre, bismuth, etc., dans le remplissage de filons complexes et particulièrement, ce semble, dans ceux qui sont riches en argent. Nous allons passer en revue les principaux gîtes de cette nature, dont quelques-uns également ont déjà été étudiés comme gîtes de nickel (troisième catégorie).

## FILONS COBALTIFÈRES A GANGUE DE QUARTZ OU DE CALCITE

### (SAXE, PIÉMONT, ESPAGNE, MANSFELD, ETC.)

L'un des meilleurs exemples de filons cobaltifères que l'on puisse citer est celui de *Schneeberg* en Saxe. Tout en renvoyant, pour les détails, à la description que nous en ferons, à l'occasion du champ de fractures saxon, nous indiquerons, dès à présent, qu'il existe, dans l'Erzgebirge, à Schneeberg, Marienberg, Annaberg, Joachimsthal, Johanngeorgenstadt, etc., un grand nombre de filons de quartz ou de barytine cobaltifère et argentifère encaissés dans le granite ou le gneiss et contenant de la smaltine, de la nickéline, du bismuth natif, de la pyrite de fer, de la galène, de l'argent rouge, de l'argyrose, de l'argent natif, etc., avec des minéraux d'urane. Ce sont les filons barytiques qui ont surtout produit de l'argent aux XV^e^ et XVI^e^ siècles; dans notre siècle, on s'est plutôt attaqué aux filons quartzeux. Ces filons sont généralement peu puissants et paraissent s'appauvrir en profondeur [1].

La même association du nickel, du cobalt et de l'argent dans des filons quartzeux se retrouve en Allemagne, dans les Vosges, près de *Markirch;* à *Schiltbach*, dans la Forêt Noire, etc.[2]. En Sar-

[1] Voir Sandberger. (*Neues Jahrb. f. Mineral*, 1869, p. 290.) — Groddeck, p. 291. — Cotta, etc.

[2] Voir plus haut, page 71.

daigne, à Monte Narba[1], on a indiqué aussi la présence du cobalt avec les minerais d'argent.

Ailleurs on a signalé, quoique assez rarement, des filons de quartz avec minerais de cobalt et de nickel sans argent. C'est, d'après Müller, le cas à *Rewdansk*, près d'Ekaterinenbourg (Oural)[2], où l'on a exploité, au milieu des chloritoschistes et de la serpentine, un filon quartzeux de 2 mètres de large, contenant des nodules d'annabergite (arséniate hydraté de nickel) avec des hydrosilicates de nickel comme la pimélite et un peu de cobalt associé.

Plus fréquemment, les filons de cobalt, nickel et bismuth, sont à gangue spathique (calcite, braunspath, sidérose) ; nous en avons déjà étudié deux types à Schladming, en Styrie, et au val d'Annivier, dans le Valais[3]; nous en mentionnerons quelques autres.

Dans le *Piémont*, à l'Ouest de Turin, sur la Sarda, au pas de Paschietto, on rencontre, dans la diorite, deux filons de $0^{m},50$ à peine de puissance, de quartz, sidérose, rarement calcite, avec smaltine, érythrine, annabergite, malachite et azurite; l'exploitation n'en a jamais été durable. Dans la même région, les filons de Cruvin (Val de Susa), aux environs du village de Bruzolo, sont plus riches: ils traversent des schistes chloriteux et de la serpentine et contiennent du quartz, de la dolomie, de la calcite, de la rammelsbergite, de la lœllingite, du cuivre gris, de la chalcopyrite et de la chloanthite. On les a exploités au XIII^e^ siècle et abandonnés en 1759[4].

En *Espagne*, il existe quelques gisements de cobalt, généralement de faible importance, parmi lesquels ceux des *Asturies*[5], à la limite des provinces de Léon et d'Oviédo, ont attiré récemment l'attention. Ce sont des filons recoupant les dolomies triasiques et le calcaire carbonifère et contenant, aux affleurements, des oxydes noirs à 15 p. 100 de cobalt.

Un peu à l'Ouest, dans les Pyrénées, à 15 kilomètres de la frontière française, se trouve la mine de *Gistain* dans la province de Huesca (haut Aragon) ouverte vers le milieu du siècle passé.

[1] Voir plus loin, au chapitre de l'*Argent*.

[2] Voir : Müller. (*Berg. u. H. Z.*, 1866, p. 65) et Groddeck, p. 285.— Cf., plus haut, p. 59.

[3] Pages 72 et 74.

[4] Voir : 1871. Struver. *Neues Jahrb. f. Mineral.*, p. 315 et Groddeck, p. 286. — D'Achiardi, t. II, p. 52. — Jervis, Tesori sott. d'Italia, 1873; I, 53.

[5] Voir *Bull. Comm. Map. geol. Espana*, 1878, 5, et d'Achiardi, II, 52.

Dans cette mine, on a exploité de petits filons de puissance variable, au contact de schistes siluriens et de calcaires dévoniens ; ces filons sont en relation avec des porphyres et ne contiennent que des minerais sulfurés et arséniés de cobalt et de nickel avec gangue de calcite. Les mines principales ont été celles de Baronia, San-Pedro, San-Benito, Providencia, Emilia, Esperanza, Theresa et Santa-Barbara. Ces mines ont été reprises en 1872 ; puis, encore une fois, abandonnées. Le minerai était envoyé en Saxe, à l'usine d'Oberschlema, après avoir subi un lavage et une préparation mécanique ; il contient 11 à 12 p. 100 de cobalt et 7 p. 100 de nickel et, pour le reste, de l'arsenic, du fer, du soufre, du quartz et de la calcite. A l'état brut, la teneur est de 1/2 à 3 p. 100 avec un maximum de 5 p. 100. En 1876, on a obtenu 16 000 kilogrammes de minerais [1].

Au midi de l'Espagne on a trouvé, des minerais de cobalt dans les mines de *Guadalcanal* en Andalousie [2], et il en existe quelques gisements dans la Sierra Cabrera et la Sierra Alhamilla. Ceux de la Sierra Cabrera recoupent le calcaire carbonifère et contiennent un mélange de braunspath avec millérite et nickéline [3].

En *Allemagne*, nous mentionnerons, comme gisements à gangue spathique, ceux du Mansfeld, du Thuringerwald et de la Hesse.

Dans le *Mansfeld*, le *Thuringerwald* et la *Hesse*, les failles qui rejettent la couche de schiste cuivreux, ont quelquefois donné lieu à un remplissage filonien qui y a déposé des minerais de cobalt et de nickel avec gangues de barytine et de calcite. Ce qui semblerait prouver qu'il ne faut pas voir là une sécrétion latérale, comme on l'a supposé, c'est que, dans les mêmes conditions par rapport à la couche, certaines failles sont remplies, d'autres stériles.

Dans le *Mansfeld* [4], ces filons failles ont une direction à 120° et une forte inclinaison. Les minerais de cobalt et de nickel ne s'y sont trouvés exploitables que sur deux points, au 23° chantier de Gerbstädt où de la smaltine, parfois cristallisée, de la pyrite de fer,

[1] 1878. Voir : Rapport de M. Jules Despecher, propriétaire des mines de Gistain. Cf., plus haut, page 74.

[2] Voir au chapitre de l'*Argent*.

[3] Voir : 1863. Ferberg. *Berg. u. H. Z.*, p. 306. — Groddeck, p. 286, et d'Achiardi, II, 53.

[4] Voir : 1857. Bäumler. *Zeit. d. d. geol. Ges.*, t. IX, p. 25, et Groddeck, p. 287.

de la marcassite, plus rarement de la chalcosine, de la phillipsite et de la chalcopyrite étaient associées à de la calcite, de la sidérose et accidentellement de la barytine et, en second lieu, dans les districts de Sangerhäuser où la smaltine était accompagnée de mispickel cobaltifère et nickélifère, de chalcosine et de chalcopyrite, avec gangue de barytine, rarement de calcite et de quartz. Ces filons particuliers, désignés dans le pays sous le nom de *rücken*, ne sont pas des fentes régulières, mais des systèmes de cassures étoilées qui rejettent les couches en y produisant des plissements et des brouillages tout spéciaux. Les gangues et les minerais remplissent des cavités irrégulières, de formes très variées ; leur nature est massive, jamais symétrique et zonée.

Dans le *Thüringerwald*[1], des filons analogues ont été productifs à Glücksbrunn et à Camsdorf. Le remplissage était le même. A Camsdorf, il comprenait, dans les grès blancs (weissliegende) du mur, des sulfures et arsénio-sulfures (smaltine, cuivre gris, cobaltine, chalcopyrite) ; dans les calcaires du toit (sans doute parce que les fissures de ce calcaire avaient permis l'infiltration des eaux superficielles), du cobalt oxydé noir pénétrant loin dans les cassures. A *Riechelsdorf*[2] on a exploité, de même, des nids de smaltine, chloanthite et cobaltine avec barytine dans la couche des schistes cuivreux et le grès rouge immédiatement au-dessous. On a constaté là que la couche de schistes cuivreux était pauvre au voisinage de ces filons qui, eux-mêmes, ne contenaient plus de minerais, mais seulement de la baryte en s'approfondissant.

Enfin, à Bieber, en *Hesse*[3], le zechstein cuprifère repose directement sur le micaschiste et les deux terrains sont traversés par des filons de 0,07 à 0,10 de puissance qui les rejettent de 10 à 20 mètres. On a trouvé, jusqu'à 60 mètres de profondeur, dans le micaschiste, des nids de minerais (cobaltine, smaltine, bismuth natif, sidérose, chalcopyrite, cuivre gris, pyrite de fer) avec barytine. Au delà, le filon se réduit à un simple filet non minéralisé.

En *Autriche*, nous avons mentionné déjà les gîtes de Joachimsthal dans l'Erzgebirge, de Schladming en Styrie, de Dobsina en Hon-

[1] Cotta. *Erzlagerstätten*, t. II, p. 75. — Groddeck, p. 288.
[2] Erläuterung zur geol. Carte v. Preussen (feuille Sontra).
[3] 1888. Schmidt. *Neues Jahr. f. Min.*, p. 45. — Groddeck, 288.

grie ; on a trouvé également un peu de cobalt à Przibram (Bohême) et Oravicza (Banat).

En *Scandinavie*, les mines de cobalt présentent, au contraire, une réelle importance et le cobalt s'y trouve relativement distinct du nickel. Nous étudierons spécialement : en Norvège, le gîte de Skutterud ; en Suède, ceux de Tunnaberg et de Vehna (Oerebro).

**Gîte cobaltifère de Skutterud**[1]. — Les exploitations de Skutterud portent sur des fahlbandes cobaltifères qu'on peut rapprocher des brandes de Schladming[2], des fahlbandes de Kongsberg, etc... Nous aurons, d'ailleurs, l'occasion de dire que les minerais sulfurés de Norvège se trouvent souvent ainsi dans des zones d'imprégnation au milieu des schistes.

La mine de Skutterud est située dans la paroisse de Modum, au Sud de la Norvège, un peu au Nord de Drammen et à faible distance de la station thermale de Saint-Olaf. Elle est exploitée depuis 1772.

Le minerai est disséminé à l'état d'imprégnations dans les terrains qui forment la roche encaissante et qui sont composés de quartzites, de schistes amphiboliques et de micaschistes.

Leur direction est celle du N.-S. magnétique ; l'inclinaison est presque verticale.

Les imprégnations affectent la forme lenticulaire ; elles se poursuivent sur une longueur de plusieurs kilomètres et forment une bande de 100 à 200 mètres de puissance.

Des filons de granite à grains assez gros traversent le gisement sans influer sur la nature du minerai ; leur direction est S.O.-N.E.

Des veines talqueuses ou skölar semblent, au contraire, avoir exercé une action sur la concentration du cobalt.

Le minerai de cobalt est du cobalt gris cristallin et souvent cristallisé en dodécaèdres pentagonaux, et de la cobaltine. Il est généralement mélangé à de la pyrite de fer, de la pyrite de cuivre, du mispickel et de la pyrite magnétique. Le nickel fait à peu près défaut. Comme minéraux accessoires, on cite l'actinote, la trémo-

[1] Voir : V. Cotta. *Erzlagerst.*, t. II, p. 516. — V. Groddeck, p. 142, et Davies, p. 264.
[2] Voir plus haut, page 72.

lite, l'antophyllite, le salite, l'épidote, la tourmaline, le grenat, le sphène, le rutile, etc.

Les pyrites sont également disséminées dans les schistes encaissants.

On n'exploite que le cobalt gris, dont la richesse en cobalt (33 p. 100) est bien supérieure à celle de la cobaltine (6 à 7).

Les travaux, commencés à ciel ouvert, se continuent maintenant par galeries, suivant la méthode des gradins droits.

On enrichit le minerai jusqu'à une teneur de 11 p. 100 de cobalt et on l'envoie en Allemagne.

L'exploitation, après des vicissitudes diverses, est aujourd'hui dirigée par une société saxonne. En 1882, la production de minerai de cobalt calciné a été de 80 000 kilogrammes.

**Gites cobaltifères de Suède : Tunnaberg, Gladhamar, Vehna, etc.** — En Suède, les minerais de cobalt, souvent associés à des minerais de cuivre, sont assez abondants dans le grand district métallifère qui s'étend de Nyköping à Westerwik, le long de la Baltique.

Au Nord de ce district, se trouvent, à environ 15 kilomètres au Sud de Nyköping, les mines[1], autrefois importantes, de *Tunnaberg*.

Il existe là, au milieu des gneiss gris, un banc de calcaire saccharoïde dans lequel les minerais sont localisés dans des conditions que nous retrouverons pour la galène argentifère de Sala. Ces minerais forment, dans ce calcaire, des nids très irréguliers composés surtout de cobaltine avec un peu de chalcopyrite et de galène. Comme corps accessoires, Erdmann a cité la phillipsite, la chalcosine, la pyrrhotine, la smaltine, la pyrite, le bismuth natif, la molybdénite, etc. Une analyse du minerai de cobalt a donné :

| Cobalt | Arsenic | Fer | Soufre | Perte |
|---|---|---|---|---|
| 36,66 | 49,10 | 5,66 | 6,50 | 2,18 |

Les gneiss et le calcaire sont traversés par des filons de granite qui, dans le calcaire, perdent leur continuité pour se diviser en fragments indépendants.

L'exploitation de ce gisement a été très active dans la seconde

[1] V. Cotta. *Erzlagerstätten*, t. II, p. 553. — Groddeck, p. 169. — Davies, p. 264.

moitié du XVIII[e] siècle ; dans notre siècle, elle n'a été qu'intermittente.

Les autres gisements suédois présentent plus nettement l'association du cuivre et du cobalt qui, à Tunnaberg, n'est qu'accidentelle.

Tel est *Gladhammar*[1], à 14 kilomètres au Sud de Westerwik, mine exploitée d'abord au XV[e] siècle pour fer, puis, à diverses reprises, pour cuivre (le cobalt et le nickel étant alors une gêne) et enfin, de nos jours, pour cuivre et cobalt. Les gisements se trouvent au milieu des leptynites et forment des lits de différente largeur avec ramifications latérales sur plus de 2 kilomètres de long. Les minerais sont souvent accompagnés de hornblende, chlorite et magnétite ; ils se composent de cobaltine (à 30 p. 100 de cobalt), d'érythrine, de pyrite de cuivre, pyrite de fer, exceptionnellement de blende et de galène. Dans la partie N.-O. du champ métallifère, à la mine Ryss, on a trouvé un peu de stibine avec la pyrite de cuivre ; au Sud, de la molybdénite.

Les principales mines exploitées sont, du Sud au Nord :

La mine Bonde : minerais de cobalt et nickel avec blende et galène, atteignant un mètre de large et reconnus sur 20 mètres de profondeur ;

La mine Holtandare ou Baggen : cobaltine avec pyrite de cuivre et minerai de fer ;

La mine Svensk, la mine Odelmark, la mine Knut : cobalt blanc et sulfure de cobalt, etc.

Ces mines, en 1880, occupaient 130 personnes.

D'autres mines de cobalt, en Suède, existent à *Vehna* (près d'Örebro)[2] ; exploitées depuis 1809, en 1880 elles ont donné 30 tonnes de minerai.

La production totale de la Suède oscille entre 50 et 75 tonnes de minerai. Jusqu'ici, on a exporté les minerais d'une teneur supérieure à 10 p. 100 et traité, sur place, les plus pauvres.

**Gîtes cobaltifères d'Angleterre : Voel Hiraddog**[3]. — Il existe, en

[1] Davies, p. 266.

[2] Davies, p. 264.

[3] Voir le Neve Foster. *Cornwall. geol. Soc.*, 1880. — D'Achiardi, p. 53. — Davies, p. 261.

Angleterre, quelques gisements de cobalt dans le Cornwall, tels que *Gwennap* où, dès 1754, on exploitait le cobalt et le bismuth; *Wheal Trugo*, près de Saint-Columb Major, où, au XVIII[e] siècle, on rencontra un nid de cobalt à l'intersection d'un filon de cuivre, *Botallack*, *Saint-Austell*, etc.; mais la seule mine de cobalt productive se trouve à *Voel Hiraddog* (ou Fael Hiraddug) près de Rhyl dans le Flintshire. Nous l'avons déjà mentionnée à l'occasion du nickel[1].

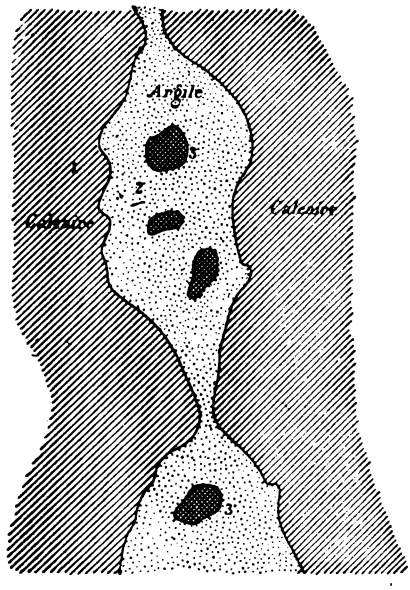



Fig. 184. — Coupe du gîte cobaltifère de Voel Hiraddog.
1, calcaire. — 2, argile. — 3, minerai.

Le calcaire carbonifère de cette région contient de nombreuses crevasses ou poches (swallows ou pockets) remplies de minerais de fer, où M. Gage a reconnu, d'abord, la présence du manganèse et du cobalt sous forme de veines oxydées noires. En examinant mieux ces minerais, on y découvrit des noyaux cobaltifères dont voici la composition :

| | | |
|---|---|---|
| Cobalt oxydé | 37,40 | 26,63 |
| Oxyde de nickel | 8,58 | 0,85 |
| Oxyde de manganèse | 23,12 | 39,50 |
| Oxyde de fer | 13,85 | 15,10 |
| Silice | 0,45 | 2,00 |
| Alumine | 0,10 | 0,50 |
| Eau | 16,00 | 15,00 |

La figure 184 montre une crevasse de 80 mètres de profondeur, 2 à 3 mètres de large et environ 27 mètres de longueur horizontale. Cette crevasse, encaissée dans le calcaire, est remplie d'argile rouge avec des paquets d'hématite, des grains de wad,

[1] Page 76.

d'asbolane et de minerais de cobalt et des fragments de calcaire [1]. Ces grains, qui peuvent atteindre la dimension d'un œuf, sont noirs et assez tendres. Ils sont irrégulièrement répartis dans la masse qui est loin d'être partout cobaltifère. La teneur en cobalt est à peine de 1 p. 100 et celle en nickel de 0,4 à 11. La production a été, en 1881, de 63 tonnes valant 7 500 francs, soit environ 156 francs la tonne. On a supposé que ce cobalt venait de dépôts pyriteux, assez abondants dans ce calcaire, qui contient, en outre, fréquemment du fer et du manganèse.

**Gites cobaltifères de Russie, des Indes, etc.** — En *Russie*, on peut citer quelques gisements de cobalt autour de *Nijni-Taguil*, dans l'Oural. Dans le Caucase, Siemens a ouvert, en 1865, la mine de *Daschkessan*, au Sud de Ielisawetpol. Le minerai y est assez riche en cobalt et privé de nickel; on l'a trouvé sous forme de lentilles au contact d'un gisement de magnétite.

Aux *Indes* [2], on a signalé des minerais de cobalt à Babai, Bagor et Singhana, dans l'Etat de Jaipur, en Rajputana, et dans la région de Nepal et de Burma.

Les natifs connaissaient, depuis longtemps, un minerai de cobalt dans les mines de cuivre situées près de Babai et de Bagor; ils l'appelaient Saita ou Sehta; Midleton l'a décrit, en 1845, comme une espèce nouvelle (jaipurite) et, depuis, Mallet l'a déterminé : c'est de la cobaltine. Cette *saita* est très usitée pour colorer en bleu les émaux orientaux.

En *Afrique*, on a récemment découvert un gisement de cobalt dans le Transvaal, près du fleuve Oliphant. Dans ce gisement, des veines lenticulaires de minerai de cobalt courent parallèlement au plan de contact d'un porphyre (felsite) et d'une dolérite granulaire. En 1877, on en avait envoyé environ 100 tonnes à Londres.

Dans l'*Amérique du Sud*, on a trouvé du cobalt au Chili, à Tres-Punctos, Huasco, etc., et dans la République Argentine.

Aux *Etats-Unis*, on peut mentionner les gisements de Patapsco

[1] On peut rapprocher cette formation en poches superficielles de celle que nous vons décrite en Nouvelle-Calédonie, p. 56.

[2] 1881. Mallet. On cobaltite and Danaite from the Khetri mine, *Rajputana*. (*Records of the geological Survey of India*, t. XIV, p. 190. Calcutta, 1881). — D'Achiardi, I, 56. — Voir plus haut, p. 69.

près Finksburg (comté de Carroll)[1] et de Mineral Hill dans le Maryland ; de Chatam dans le Connecticut[2], où l'on a trouvé, dans des micaschistes, des minerais divers, entre autres la chatamite ; de Lovelock (Nevada) ; de Franconia dans le New-Hampshire ; de la Motte dans le Missouri, etc.

La mine de *la Motte,* en Missouri, fournit une quantité notable de minerais de cobalt et de manganèse qui sont exportés en Angleterre.

On a trouvé également, dans les rhyolites du Colorado[3], des traces de cobalt et de nickel et, dans le même territoire, plus spécialement dans le comté de Gunnison, on a récemment découvert, près de Gothic, une veine de calcite dans un granite, tenant beaucoup de smaltine à 11-15 p. 100 de cobalt et d'autres minerais de cobalt.

La production totale d'oxyde de cobalt aux Etats-Unis est en forte décroissance depuis quelques années : 33 000 kilogrammes en 1885 ; 18 000 en 1886 ; 9 000 en 1887. Sur cette quantité, 6 000 kilogrammes, en 1887, étaient contenus dans les mattes de la Motte.

Il existe, en outre, aux Etats-Unis, une mine de cobalt à Camden (New-Jersey).

L'importation d'oxyde, en 1887, a été de 19 000 kilogrammes.

[1] Dana. A syst. of Mineralogy, 1868. — D'Achiardi, II, 56.

[2] Voir plus haut, p. 69.

[3] Loew. On the erupt. rocks of Colorado. (*Tenth. an. rep. Un. St. geol. Surv.*, 1876, p. 269.) — Malverne. W. I les. On the occ. smaltite in Colorado. (*Am. J. Sc.*, 1882, 23, 137, 180.)

# VANADIUM

Eq; V = 51,3; — P. At = 51,3.

**Historique.** — Le vanadium fut réellement découvert en 1803 par Del Rio; mais, plus tard, ce chimiste crut s'être trompé; c'est seulement en 1830 qu'un autre savant, Sefström, le retrouva dans un minerai de fer de Norvège, donnant un fer d'une ductilité extraordinaire, qu'on avait extrait de la mine de Taberg en Smaland. Dès ce moment, on reconnut la concentration du vanadium dans les scories d'affinage de la fonte de fer de Taberg.

Des scories de ce genre sont aujourd'hui la source industrielle du vanadium.

**Affinités chimiques.** — Nous dirons plus loin que le vanadium et le phosphore donnent des sels isomorphes, vanadinite et apatite, etc.; de même, tous deux sont diffusés, dans des conditions analogues, dans divers minerais de fer. D'autre part, on a trouvé du vanadium dans la pechblende, associé par suite à l'urane.

**Usages.** — Pendant longtemps, le vanadium, étant très rare, a eu peu d'usages. Berzelius en avait fait une première application dans la préparation d'une encre noire formée d'une combinaison de vanadate d'ammoniaque avec la noix de galle ou le pyrogallol. Depuis quelques années, ses combinaisons ont trouvé un emploi important dans l'industrie de l'impression des étoffes avec les couleurs dérivées de la houille. Le vanadate d'ammoniaque sert alors à transformer, en présence du chlorate de potasse et de

l'acide chlorhydrique, l'aniline en noir d'aniline. De plus, dans des conditions qui semblent encore assez mal connues, ses sels peuvent donner de très belles couleurs sur porcelaine. Le bronze de vanadium sert pour les enluminures. Enfin le vanadate d'ammoniaque est employé dans les laboratoires comme réactif du tannin.

Le prix du vanadium était, il y a quelques années, en raison de l'extrême rareté qu'on attribuait à ce métal, très considérable; en 1880, le vanadate de soude de Joachimsthal se vendait encore 90 francs le kilogramme. Aujourd'hui le Creusot peut en fabriquer, par an, comme nous le verrons, 60 000 kilogrammes et les prix ont beaucoup baissé.

**Minerais.** — Le minerai où fut d'abord trouvé le vanadium par Del Rio était un chromovanadate de plomb 3 [PbO, $V O^5$ + PbCl] isomorphe de l'apatite et du chlorophosphate de plomb correspondant. Ce vanadate, pris d'abord pour un chromate, provenait de Zimapan, au Mexique. Il existe encore, au *Mexique,* à *Charcas* (San-Luis Potosi) une mine, exploitée pour argent, qui contient des veines assez continues de vanadate de plomb cristallisé vert cireux ayant de 5 à 8 millimètres d'épaisseur. Ce vanadate, associé à de la calcite, traverse un grès et s'est déposé tout d'abord sur les épontes, la calcite étant dans l'axe du filon[1].

De même, au Chili, M. Domeyko a signalé, en 1880, dans la mine *Grande* (estancia de la Marquesa)[2], des vanadates de plomb et de cuivre.

Pour extraire le vanadium du *vanadate de plomb*[3], on traite d'abord par l'acide nitrique; on précipite le plomb par l'hydrogène sulfuré et le sulfhydrate d'ammoniaque. La liqueur rouge restante précipite, par les acides, du sulfure de vanadium brun foncé, qu'on grille et fond avec du nitre. On a ainsi du vanadate de potasse.

Mais, en dehors de ces minerais exceptionnels, le vanadium existe, à l'état de diffusion, dans un grand nombre de terrains

[1] Coll. *Ecole des Mines.*

[2] *Ann. d. M.*, 1881, p. 335.

[3] Parmentier. *Le Vanadium*, p. 96.

sédimentaires et peut, par des phénomènes de concentration naturels ou artificiels, arriver à y être exploitable.

C'est ainsi que, depuis longtemps, on avait signalé sa présence dans les minerais de fer de Taberg en Suède, dans les schistes cuivreux du Mansfeld, dans la bauxite, dans l'argile des environs de Paris, dans certains grès du Cheshire (M. Roscoë). M. Dieulafait, continuant des recherches dans cette voie, a montré que le vanadium, à l'état infinitésimal, était très répandu dans les roches de la formation primordiale et qu'il se concentrait dans les argiles ferrugineuses résultant de leur destruction; en particulier, que les minerais de fer sédimentaires des bords du plateau central en contenaient une certaine proportion. Suivant une remarque précédemment faite[1], une concentration nouvelle de ce corps s'opère, par suite de la fusion, dans les scories d'affinage. En soumettant ces scories à un traitement approprié, M. Osmond et Witz sont arrivés à produire aujourd'hui au Creusot 60 000 kilogrammes d'acide vanadique.

Le *procédé Witz et Osmond* consiste à traiter les scories, provenant des oolithes de Mazenay passées au convertisseur Ghilcrist. L'oolithe ferrugineuse de Mazenay[2], qui est la base des fontes communes du Creusot, contient quelques dix millièmes de vanadium empruntés sans doute au terrain primitif (gneiss granulitique) dont elle n'est séparée que par une faible couche d'arkose triasique de 17 mètres d'épaisseur.

Quand on traite le minerai de Mazenay au haut fourneau, l'acide vanadique est réduit comme l'acide phosphorique; le vanadium isolé se combine avec le fer et passe, à peu près entièrement, dans la fonte, en se concentrant à la dose de 1 à 3 millièmes.

Lorsqu'on transforme ensuite cette fonte en acier, le vanadium suit le phosphore dans la scorie et y arrive couramment à un centième. On peut même augmenter cette teneur par un fractionnement de l'opération après la décarburation; le laitier de cette première partie du travail retient alors tout le vanadium.

Ce sont ces scories que MM. Witz et Osmond concassent et abandonnent au contact d'une faible quantité d'acide chlorhy-

[1] Voir page 93.

[2] Voir t. I^er^, p. 774.

drique qui dissout le vanadium à l'état de tétroxyde. Cette dissolution peut être utilisée telle quelle. Si on veut l'enrichir, on neutralise et on ajoute un acétate alcalin ; il se précipite alors du phosphate de tétroxyde de vanadium.

Dans le *Cheshire,* Roscoë a extrait également des quantités importantes de vanadium de grès cuprifères du trias. Ces minerais étaient traités pour cobalt, nickel et cuivre. Il restait une dissolution bleue qui contenait 2 p. 100 de vanadium et d'où il a réussi à le retirer industriellement.

Enfin l'une des sources, d'où l'on tirait jusqu'ici le vanadium, est la mine de *Joachimsthal,* en Bohême.

La pechblende de Joachimsthal contient environ 0,1 p. 100 de vanadium à un état mal connu. Ce vanadium se retrouve dans les calcaires rouges dolomitiques qui accompagnent ordinairement les minerais d'urane.

Les premières tentatives faites, vers 1856, pour isoler le vanadium, avaient surtout pour but de purifier les couleurs dont il altérait les nuances. Elles furent assez vite abandonnées. Mais le vanadium trouva bientôt une importante application dans la teinture en noir des cotons et des laines. Il augmente, en effet, l'éclat de la couleur et la netteté de l'impression; il empêche l'attaque des cylindres et des cardes en fer ; enfin il permet de régler plus facilement la période d'oxydation de l'aniline. Vers 1877, on fit alors des essais d'extraction en grand du vanadium en précipitant ce métal au moyen de l'acide gallique ; néanmoins la méthode était compliquée et, en 1880, le vanadate de soude se vendait encore 90 francs le kilogramme lorsque fut inventé le procédé Witz et Osmond que nous venons de décrire.

### *Bibliographie.*

1880. Lallemand. — L'urane et le vanadium à Joachimsthal. (*Ann. d. M.*, 7e, t. XVII, p. 326.)

1881. Minéraux du Chili. (*Ann. d. M.*, 1881, p. 35.)

1882. Ricciardi. — Sulla diffusione del Vanadio nel regno minerali e vegetali. (In-4°, 6 p. *Ext. d. atti dell'Academia Givenia di sc. nat. in Catania*, 1882.

1883. Dieulafait. — (*Revue Scientifique* du 19 mai 1883, p. 613.)

# TITANE

Ti; Eq = 24,055 ; P. At. = 48,01.

Le titane n'a pas précisément d'emploi industriel[1], mais on a souvent songé à l'utiliser pour fixer l'azote de l'air. La facilité de sa combinaison avec l'azote, mise en évidence par Wöhler et Sainte-Claire Deville, est telle, en effet, qu'on peut se servir d'un mélange d'acide titanique et de charbon pour protéger les creusets contre l'introduction de l'azote, dans le cas où ce gaz risquerait de troubler les opérations. Un minerai de fer titané fondu au haut fourneau donne, de même, une combinaison d'azoture et de cyanure de titane. Mais ce qui empêche d'appliquer ces propriétés, c'est que les minéraux du titane ne se présentent guères qu'à l'état de cristaux isolés et de petites dimensions.

Le seul qui existe en certaine abondance est le fer titané ou ilménite $(Ti, Fe)^2 O^3$. Puis viennent les oxydes de titane, rutile, brookite et anatase et le sphène ou silico-titanate de chaux.

1° Le *fer titané,* qui est fréquent en cristaux de première consolidation dans les diorites, diabases, dolérites, gabbros, basaltes, péridotites, s'est concentré parfois dans les mêmes conditions que la magnétite et avec elle.

La statistique des Etats-Unis mentionne, au Colorado, dans le comté de Costilla, à Grape-Creek, des magnétites avec fer titané contenant 13 à 15 p. 100 d'acide titanique avec 45 à 50 p. 100

[1] Quoique récemment (1892) on ait annoncé, en Amérique, avoir obtenu d'excellents résultats avec un alliage d'aluminium et de titane.

de fer et 5 p. 100 de silice. Près de Gunnison, dans le comté du même nom, on rencontre aussi des magnétites à forte teneur en acide titanique. Cette proportion d'acide titanique et de silice est même le défaut de beaucoup de magnétites du Colorado. Le fer titané se rencontre aussi associé avec des magnétites dans le Norwick Connecticut (Washington); dans le Minnesota (Misabi Iron range) où il forme des masses considérables; dans les comtés d'Essex et de Clinton (New-York); dans le Wyoming (Iron mountain, Albany County); puis à Kragerö (Tvedestrand) (variété hystatite) et Egersund (variété menaccanite), en Norvège; aux Monts Ilmen, près de Miask, dans l'Oural, etc.

Le fer titané de Kragerö est en relation avec des diorites[1]; celui de l'état de New-York avec une serpentine; celui des Monts Ilmen avec une miascite, etc.

2° Les oxydes divers de titane jouent souvent, comme l'a montré M. Daubrée, un rôle analogue à celui de l'oxyde d'étain. M. Daubrée a expliqué la formation des filons titanifères du Saint-Gothard par des actions fluorées.

A l'état d'échantillons minéralogiques, le *rutile* est disséminé dans un assez grand nombre de roches, les granites, les gneiss, les micaschistes, les syénites, les diorites et quelquefois les calcaires métamorphiques. On en trouve fréquemment des cristaux en inclusions dans le quartz; d'autres, au contraire, implantés sur des tables d'oligiste.

Au Saint-Gothard et dans l'Oisans, les oxydes de titane se rencontrent à l'état de véritables petits filons qui n'ont pas le caractère d'une sécrétion de la roche, mais d'un remplissage de fractures et où l'on trouve, comme minéraux associés, de l'adulaire, de l'albite, du fer oligiste, du sphène, de l'apatite, de l'axinite, du spath fluor, des zéolithes, etc.

De beaux échantillons de rutile viennent de Rosenau en Hongrie, de Finbo en Suisse, Pickaranta en Finlande, de la Géorgie aux Etats-Unis, du Brésil, etc.

Quant aux cristaux un peu gros, ils proviennent souvent des

[1] A Oddegarden, le fer titané est fréquent au voisinage des filons d'apatite. (Voir t. 1er, p. 331.)

régions du terrain primitif, où se sont développés également des filons d'apatite ; ainsi la côte d'Arendal, en Norvège, le Canada, certaines régions des Etats-Unis.

La statistique des Etats-Unis mentionne, dans chacune des années 1885 et 1886, la vente de 260 kilogrammes de *rutile* pour une somme de 10 400 francs. En 1887, on en a vendu 430 kilogrammes pour 15 600 francs.

*L'anatase* est plutôt en cristaux, généralement très petits, dans les fentes des gneiss ou des micaschistes (Bourg d'Oisans), etc. ; exceptionnellement dans la dolomie.

La *brookite*, variété arkansite, se rencontre aux Etats-Unis, avec du rutile, de la perofskite (titanate de chaux), de la magnétite et de l'apatite à Magnet Cove, Hot Spring County, dans l'Arkansas.

3° Le *sphène* est assez fréquent dans les roches primitives, en cristaux de première consolidation ; en particulier dans les syénites, amphibolites et diorites, etc. Il existe aussi à l'état secondaire dans certains calcaires, dans des produits de fumerolles volcaniques et dans des enduits autour de grains de fer titané. M. Hautefeuille l'a, comme on sait, reproduit par fusion au moyen de silice, titane et chlorure de calcium.

M. de Lapparent a expliqué, dans le Tyrol, le développement des cristaux de sphène par des actions métamorphiques ayant concentré du titane, d'abord isolé à l'état de rutile dans des schistes.

Enfin, nous mentionnerons que la présence du titane été reconnue par M. Mazade dans les eaux minérales de Neyrac (Aveyron).

### *Bibliographie.*

1834. Elie de Beaumont. — Faits pour servir à l'histoire des montagnes de l'Oisans. (*Ann. d. M.*, 3e, t. V, p. 3.)

Wiser. — Jahrbuch für Mineralogie von Leonhard (Minéraux de la Suisse).

Koksharow. — Sur l'ilménite de l'Oural (*Mém. Ac. Imp. Saint-Pétersbourg*, sér. 7, t. 22, n° 3).

1879. Daubrée. — Géologie expérimentale, p. 41.

1883. D'Achiardi. I. minerali, etc., t. II, p. 109.

1884. Chapman. — On some deposits of titaniferous iron ore in the Counties of Haliburton and Hastings, *Ontario*. (*Proceedings and transactions of the royal Society of Canada for the year* 1884, t. II, p. 159.)

1886. Parmentier. — Le Titane. (*Encyclopédie chimique.*)

546554

# ÉTAIN

Sn ; Eq = 59. P. at = 118.

## USAGES ET STATISTIQUE

**Usages.** — L'étain est un des métaux les plus anciennement connus; on sait, en effet, le rôle qu'a joué le bronze, alliage de cuivre et d'étain, chez les peuples primitifs. C'était, pour les Chaldéens, un métal sacré ; les Egyptiens l'ont connu 4000 ans avant Jésus-Christ ; Homère mentionne l'étain, Kassiteros, et Hérodote appelle les îles Britanniques qui, avec la Gaule et l'Espagne, ont dû fournir l'étain aux peuples méditerranéens, îles Kassiterides[1].

Aujourd'hui les usages de l'étain sont assez importants pour nécessiter, chaque année, la consommation d'environ 50 000 tonnes de métal et, par suite de la rareté de ses gisements, le prix, tout en ayant baissé depuis quelques années, en reste encore très élevé, environ 2500 francs la tonne.

Les emplois de l'étain métallique tiennent surtout à ce qu'il s'altère peu au contact de l'air et des acides et ne donne que des sels non vénéneux à petite dose ; en sorte qu'on en fabrique, ou tout au moins en enduit, beaucoup d'ustensiles destinés à contenir les matières alimentaires. Il y a même eu une époque, au moyen âge, où l'étain jouait, dans la vie courante, un rôle considérable, où on en faisait des plats, bassins, couverts, brocs, aiguières, où

[1] M. Berthelot a rapproché le nom turc de l'étain (qualai), appliqué par certains auteurs arabes à la presqu'île de Malacca, de diverses dénominations grecques, telles que chalcon kalainon (cuivre de Chalais) et a été conduit à se demander si l'étain primitif ne viendrait pas de la Turquie d'Asie, du Sud du Caucase, ou de Méched en Khorassan où des voyageurs russes en ont signalé des gisements. Strabon parle de mines d'étain dans la Drangiane.

l'art s'en emparait pour l'ornementer, où les églises et les couvents en utilisaient des quantités importantes. Le temps n'est pas bien éloigné encore où la vaisselle d'étain était d'un usage habituel dans les campagnes. De ce côté, la consommation de ce métal a beaucoup décru ; mais on en fabrique encore quelques couverts à bon marché et surtout on s'en sert pour étamer l'intérieur des instruments de cuisine en cuivre ou en fer.

L'étain sert, en outre, à l'état de feuilles minces pour envelopper le thé, le chocolat.

Le *fer-blanc* n'est autre chose que de la tôle de fer enduite d'une couche d'étain ; attaqué par un acide, il donne les *moirés* qui ont été, vers 1820, l'objet d'une industrie assez considérable, aujourd'hui disparue.

Un grand nombre d'alliages d'étain ont des applications : le *bronze* d'abord (cuivre et étain) pour cloches, statues, monnaies, etc. ; le *laiton* (cuivre et zinc, avec un peu de plomb et d'étain) pour les épingles ; puis les alliages divers d'étain et de plomb, tels que :

| | Plomb | Etain |
|---|---|---|
| Soudure des plombiers. . . . . | 66 | 33 |
| — ferblantiers . . . . . | 50 | 50 |
| Alliage pour vaisselle et robinets . . . . . | 8 | 92 |
| — flambeaux. . . . . | 20 | 80 |

Citons encore l'alliage des caractères d'imprimerie (20 d'antimoine pour 80 de plomb), auquel on ajoute souvent 8 à 10 p. 100 d'étain pour lui donner de la ténacité en même temps qu'un grain plus fin ; l'amalgame d'étain qui, pendant longtemps, avant la découverte des procédés actuels d'argenture, a servi à étamer les glaces, etc.

Quelques-uns des composés de l'étain ont également des emplois :

L'oxyde d'étain calciné est utilisé pour donner de l'opalescence aux verres ; il entre dans la composition des émaux et du vernis de faïence. La *potée d'étain*, dont on se sert pour polir les objets fabriqués avec des corps durs, se prépare en général, en calcinant à l'air un alliage d'étain et de plomb.

L'étain entre dans quelques matières colorantes : le *pinck colour*, stannate de chrome et de chaux de couleur rose, employé dans la

peinture sur faïence pour avoir à la cuisson un ton rouge sang ; la *laque minérale* d'un beau lilas obtenue en calcinant un mélange intime de 100 parties d'acide stannique et 2 parties de sesquioxyde de chrome (papiers peints, faïence) ; le *pourpre de Cassius*, résultat de la réduction d'un sel d'or par le bichlorure d'étain, utilisé pour la coloration du verre ou de la porcelaine, etc.

Le protochlorure d'étain sert dans la fabrication des toiles peintes pour enlever au lavage, après les avoir rendus solubles par réduction, des sesquioxydes de fer ou de manganèse, etc.

Tous ces divers usages absorbent une quantité d'étain qui augmente peu à peu : 37 000 tonnes en 1880 ; 48 000 en 1890, etc.

Deux tableaux ci-joints (voir p. 104 et 105) donnent, pour les dix dernières années, la production de minerai d'étain et d'étain métallique d'après les statistiques officielles ; pour certains centres des plus importants comme les détroits (Malacca, etc...), ces statistiques sont fort insuffisantes. Dans le tableau qui suit, nous avons essayé de ranger les pays par ordre de production :

| 1888 | MINERAIS | MÉTAL | |
|---|---|---|---|
| | TONNES | TONNES | |
| Hollande et Détroits . . . . . | | 30 000 | (D'après M. Errington de la Croix.) |
| Grande-Bretagne (Cornwall) . | 14 600 | 10 960 | 1 500 tonnes d'étain sur les 10 960 proviennent de minerais importés du Pérou, de la République Argentine, etc. |
| Australie . . . . . | 3 300 | 4 744 | Les 3 300 tonnes de minerais exportés doivent s'ajouter aux 4 744 de métal produit. |
| Chine . . . . . | » | 4 000 | Chiffre très approximatif. |
| Bolivie . . . . . | » | 1 000 | |
| Tasmanie . . . . . | 5 800 | » | |
| Prusse . . . . . | » | 220 | |
| Saxe . . . . . | » | » | |
| République Argentine. . . . | 700 | 300 | Quantités exportées en Angleterre en 1888. |
| Pérou . . . . . | | | |
| Japon . . . . . | » | 100 | |
| Autriche. . . . . | 990 | 40 | Production en 1885. |
| Russie . . . . . | 1 000 | 38 | |
| Chili . . . . . | 600 | 17 | |
| Possessions anglaises en Asie. | 63 | 11 | Exportées en Angleterre. |
| Total approximatif . . . | | 50 000 | |

## PRODUCTION DES MINERAIS D'ÉTAIN

QUANTITÉS EN TONNES. — VALEUR DE LA TONNE EN FRANCS

| ANNÉES | ILES BRITANNIQUES | | AUTRICHE | | RUSSIE | BOLIVIE, PÉROU RÉP. ARGENTINE | | AUSTRALIE | | TASMANIE | | TOTAL APPROXIMATIF du monde entier |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Tonnes | Francs | Tonnes | Francs | Tonnes | Tonnes | Francs | Tonnes | Francs | Tonnes | Francs | Tonnes |
| 1880 | 13 944 | 1 217 | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » |
| 1881 | 13 092 | 1 343 | 1 051 | » | » | » | » | 721 | » | » | » | » |
| 1882 | 18 142 | 1 343 | 2 672 | 1 271 | 52 | » | » | 28 860 | 541 | 5 700 | 1 580 | » |
| 1883 | 14 700 | 1 361 | 2 700 | 1 271 | 690 | » | » | 56 600 | 264 | 5 600 | 1 107 | 46 000 |
| 1884 | 15 400 | 1 090 | 950 | 1 271 | » | » | » | 16 600 | 216 | » | » | 79 000 |
| 1885 | 14 600 | 1 114 | 1 100 | 25 | 870 | » | » | 14 800 | 268 | 5 500 | 1 796 | 38 000 |
| 1886 | 14 500 | 1 357 | 390 | 59 | 1 000 | 300 | 1 000 | 13 500 | 1 290 | 5 800 | 1 774 | 3 6000 |
| 1887 | 14 400 | 1 537 | 75 | 231 | 1 800 | 890 | 1 156 | 3 500 | » | 5 800 | 2 547 | 25 000 |
| 1888 | 14 600 | 1 545 | 990 | 28 | » | 700 | 1 156 | 3 300 | 1 660 | 5 300 | 1 672 | 27 000 |
| 1889 | 14 000 | 1 313 | 550 | 33 | » | » | » | » | » | 5 600 | 1 449 | 27 000 |
| 1890 | 15 000 | 1 303 | 570 | 22 | 300 | 895 | 200 | 3 500 | 1 246 | » | » | 27 000 |

## PRODUCTION DE L'ÉTAIN

QUANTITÉS EN TONNES. — VALEURS DE LA TONNE EN FRANCS

| ANNÉES | ILES BRITANNIQUES | | AUTRICHE | | PRUSSE | | SAXE | | HOLLANDE et Détroits | | BOLIVIE | | RÉPUBLIQUE ARGENTINE | | PÉROU | | CANADA | | AUSTRALIE | | TASMANIE et N^lle^-ZÉLANDE | | TOTAL approximatif du monde entier |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Tonnes | Francs | Tonnes | Francs | Tonnes | Francs | Tonnes | Francs | Tonnes | Francs | Tonnes | Francs | Tonnes | Francs | Tonnes | Francs | Tonnes | Francs | Tonnes | Francs | Tonnes | Francs | Tonnes |
| 1880 | 9 052 | 2 267 | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | 134 | » | » | » | » | » | » | » | 4 190 | 2 260 | 37 626 |
| 1881 | 8 744 | 2 422 | 39 | 1 785 | » | » | 106 | 2 820 | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | 8 223 | 2 194 | » | » | 39 567 |
| 1882 | » | » | 34 | 3 022 | » | » | 102 | 2 669 | 1 041 | 2 200 | » | » | » | » | » | » | » | » | 8 188 | 2 350 | » | » | 40 726 |
| 1883 | 9 456 | 2 410 | 36 | 3 033 | » | » | 88 | 2 379 | 14 236 | 231 | 1 041 | 2 200 | » | » | » | » | » | » | 9 271 | 2 243 | » | » | 38 000 |
| 1884 | 10 437 | 2 100 | 40 | 2 815 | 77 | 2 480 | 95 | 2 092 | 16 232 | 2 033 | » | » | » | » | 10 | » | » | » | 6 754 | 1 948 | » | » | 37 000 |
| 1885 | 9 900 | 2 218 | 35 | 2 823 | 120 | 2 150 | 100 | 2 274 | 16 600 | 2 140 | » | » | » | » | » | » | » | » | 4 732 | 2 200 | » | » | 35 000 |
| 1886 | 9 960 | 2 518 | 42 | 2 827 | 200 | 2 215 | » | » | 15 800 | 2 432 | 1 041 | 2 200 | 100 | 2 182 | 100 | 2 252 | 4 733 | 2 200 | 4 736 | 2 403 | » | » | 32 000 |
| 1887 | 10 400 | 2 800 | 32 | 3 570 | » | » | 76 | 2 644 | 17 800 | 2 830 | » | » | 385 | 2 080 | 130 | 2 500 | » | » | 4 716 | 2 403 | » | » | 35 000 |
| 1888 | 10 960 | 2 911 | 38 | 3 600 | 320 | 769 | » | » | 18 800 | 2 830 | » | » | 300 | 2 080 | 100 | 2 500 | » | » | 4 744 | 2 653 | » | » | 35 000 |
| 1889 | 10 370 | 2 396 | 57 | 3 045 | 340 | 750 | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | 4 650 | 2 094 | » | » | 35 000 |
| 1890 | 11 740 | 2 424 | 50 | 2 936 | » | » | » | » | 800 | 2 286 | » | » | 100 | 1 890 | » | » | » | » | 4 480 | 2 267 | » | » | 18 000 |

On se heurte, lorsqu'on veut établir une statistique de l'étain d'assez grandes difficultés, provenant surtout des transports qu'c fait subir, soit au minerai plus ou moins préparé, soit au méta pour l'amener au point où se tient le marché principal de ( corps, c'est-à-dire en Angleterre.

Pour la production des Détroits et des Indes hollandaises, c'est à-dire Banca, Sumatra, Malacca, Billiton, Java, Pérak, etc..., le renseignements sont particulièrement incomplets. Les chiffre de la statistique française (p. 104 et 105) ne correspondent qu'au exportations en Angleterre. D'après M. Errington de la Croix, l production de la presqu'île de Malacca a été, en 1888 et en 188 de plus de 24 000 tonnes[1]; d'après la statistique américaine, ell serait montée, en 1890, à environ 34 000 ; celle de Pérak a été en 1881, de 6 139 tonnes.

Enfin on n'a aucun document précis pour la Chine où la produc tion de l'étain est certainement assez considérable, ainsi que sur l frontière Nord du Tonkin. On a supposé que la province d Yunnan pouvait produire 3000 à 4000 tonnes par an, après e avoir produit autrefois 10 000.

Voici, sous une autre forme, la production du monde, d'aprè les Ressources Minérales des Etats-Unis :

| | 1880 | 1881 | 1882 | 1883 | 1884 | 1885 | 1886 | 1887 | 1888 | 1889 | 189 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Exportations de Singapour et Penang en Angleterre, Europe et Amérique. . . . . | 10 718 | 10 095 | 10 894 | 15 431 | 15 793 | 15 464 | 17 640 | 21 580 | 21 470 | 25 466 | 24 72 |
| Dans l'Inde et en Chine. | 2 570 | 3 168 | 3 483 | 3 745 | 4 428 | 3 500 | 3 623 | » | » | » | » |
| | 13 288 | 13 273 | 14 377 | 19 176 | 20 221 | 18 964 | 21 263 | » | » | » | » |
| Expéditions de Banca. | 3 381 | 4 094 | 3 960 | 3 783 | 3 772 | 3 760 | 3 942 | 3 945 | 3 987 | 3 703 | 4 74 |
| Expéditions de Billiton. | 4 262 | 4 266 | 3 780 | 3 742 | 3 240 | 3 384 | 3 716 | 4 481 | 4 698 | 4 372 | 4 71 |
| Exportation d'Australie en Europe et en Amérique. . . . . | 8 190 | 9 180 | 9 270 | 9 450 | 7 920 | 7 650 | 7 258 | 6 975 | 7 178 | 6 120 | 5 77 |
| Production de l'Angleterre. . . . . | 8 027 | 7 754 | 8 243 | 8 377 | 8 617 | 8 398 | 8 281 | 8 354 | 8 217 | 8 021 | 8 10 |
| Total. . . . | 27 148 | 28 567 | 29 630 | 44 528 | 45 770 | 42 176 | 44 560 | 45 336 | 45 050 | 47 682 | 48 06 |
| Stock visible au 31 décembre. . . . . | 20 024 | 17 317 | 16 132 | 17 357 | 15 097 | 14 505 | 10 800 | » | » | » | » |

[1] Note sur la géogr. polit. et la situation économique de la péninsule malaise en 1888.

En résumé, la production annuelle du monde, en chiffres ronds, peut s'évaluer à 50 000 tonnes, dont une assez forte proportion va aux Etats-Unis, où l'on n'a encore trouvé jusqu'ici, malgré beaucoup de recherches, que quelques gisements peu importants.

## GISEMENTS D'ÉTAIN, GÉNÉRALITÉS GÉOLOGIQUES

**Minerais.** — Le seul minerai d'étain est la *cassitérite* ($Sn\ O^2$) qu'on exploite, comme nous le dirons, en filons ou en alluvions. Les minerais de filons contiennent, en général, une certaine proportion de wolfram et de mispickel qui est très gênante dans la métallurgie. Ils exigent une préparation mécanique compliquée avec intercalation de grillages pour volatiliser l'arsenic du mispickel et une fusion au réverbère oxydant avec carbonate de soude pour éliminer le tungstène. Dans les alluvions, le wolfram fait, au contraire, généralement défaut.

**Gisements.** — La plupart des métaux que nous avons passés en revue jusqu'ici étaient : soit à l'état de sels directement solubles (potassium, sodium, lithium, etc...) ou bien donnaient aisément, par simple action d'eaux chargées d'oxygène et de quelques acides faibles (acide carbonique, etc.), à la façon des eaux superficielles, des sels solubles, précipitables ensuite par dégagement de l'acide carbonique en excès ou par contact d'une base comme la chaux; il en résultait, pour eux, l'existence de gîtes sédimentaires de précipitation chimique. Avec l'étain, de pareils gîtes sont inconnus ; après sa cristallisation à l'état de cassitérite, soit dans la roche éruptive même (granulite), soit dans des veines filoniennes, aucune remise en mouvement chimique n'a eu lieu et une concentration sédimentaire ne s'est produite à l'état d'alluvions que par le jeu des densités. Nous ne rencontrerons donc l'étain que sous trois formes : cristaux inclus dans une roche, filons, alluvions.

Les alluvions qui, industriellement, sont aujourd'hui la principale source d'étain, puisque c'est la forme sous laquelle on exploite les minerais des Détroits, d'Australie, etc., ne sont qu'un remanie-

ment mécanique des premières catégories de gisements qui, au point de vue géogénique, sont donc, de beaucoup, les plus intéressantes pour nous.

Les gisements d'étain en inclusion et filons présentent, pour la plupart, malgré une certaine complication d'apparences, une ressemblance de caractères et d'allures ayant quelque chose de théorique.

Tout d'abord, ils sont, à peu près tous, en relation nette avec des granulites, sauf quelques filons tertiaires rattachés à une venue de roches acides comparable et se concentrent presque exclusivement à la périphérie des massifs de cette roche, au lieu d'être, — comme les filons de galène ou de blende par exemple — presque complètement indépendants des roches avec lesquelles on peut leur supposer une communauté d'origine et cristallisés dans des fractures quelconques de l'écorce. Cela peut tenir au défaut de solubilité des sels d'étain que nous mentionnions tout à l'heure : au lieu d'être emportés à une grande distance par les circulations d'eaux profondes qui les avaient empruntés au magma fondu, les sels d'étain ne se sont maintenus dissous que sous l'action des minéralisateurs énergiques provenant du bain granulitique et accompagnés de pression ; les minéraux stannifères ont dû, par suite, se concentrer principalement entre la granulite et les terrains schisteux, disposés en dômes au-dessus d'elle ; pendant que cette granulite cristallisait, ils y ont cristallisé eux-mêmes en éléments disséminés ; au moment où elle s'est refroidie, ils se sont concentrés en fumerolles immédiatement saisies par les eaux, dans toutes les fissures de retrait de la granulite ou des schistes voisins, dans toutes les fractures ouvertes par les mouvements de plissement, puis d'affaissement, qui ont dû précéder et suivre la montée de la granulite.

Nous serions porté à faire intervenir encore une autre cause pour expliquer ce rapprochement intime de l'étain avec la granulite ; les travaux de MM. Sainte-Claire Deville et Fouqué ont montré qu'une lave dégage d'abord tous ses chlorures et fluorures avec une certaine proportion de sulfures, tandis qu'elle est encore très chaude ; puis, qu'avec le refroidissement, les chlorures disparaissent pour faire place aux sulfures. Tout porte à croire, comme nous le dirons, que l'étain est sorti du magma igné à son maximum de

chaleur, à l'état de chlorure ou de fluorure ; on comprend, dès lors, comment on le trouve dans la zone d'action la plus immédiate de roches acides avec quelques minéraux sulfurés relativement rares. Plus tard, les chlorures ayant disparu des émanations, l'étain a disparu avec eux et les sulfures (plomb, zinc, etc.) sont devenus prédominants. C'est alors qu'en Cornwall, par exemple, ont pu se produire, dans des réouvertures successives, les filons de cuivre, puis de plomb qu'on rencontre au voisinage de l'étain.

Pour nous, la montée d'une roche éruptive, c'est-à-dire d'une fraction d'un laccolithe interne, a toujours été la conséquence d'un mouvement de plissement de l'écorce ; ce laccolithe contenait des métaux ; le plissement ayant produit la pénétration, jusqu'au magma fluide et réducteur, des eaux de la mer, avec les chlorures, sulfates et sels divers qu'elle contient, les métaux, suivant leurs affinités, se sont alliés au chlore, au soufre, etc., et dégagés en fumerolles très chargées de vapeur d'eau, auxquelles d'autres eaux superficielles ont pu encore s'ajouter ensuite ; ces fumerolles aqueuses se sont alors condensées dans toutes les fissures où elles avaient pénétré, et les eaux minérales qui en sont résultées, en s'élevant vers la surface, dégageant leurs gaz en excès, et s'oxydant, ont déposé les produits métallifères. La cristallisation, dans un ordre constant, à chaque série éruptive, de l'étain d'abord avant le plomb et le zinc, se trouve par là expliquée. Le quartz, très spécial et riche en inclusions liquides, qu'on trouve avec l'étain, paraît prouver l'intervention des eaux, peut-être la décomposition par l'eau d'un acide hydrofluosilicique.

On peut, après cela, se demander comment l'étain, en raison de sa densité, ne s'est pas trouvé rester au fond du bain liquide, comme le platine notamment, il faut, sans doute, l'attribuer à ce que, d'une minéralisation plus facile à l'état de chlorure ou de fluorure et assez volatil sous cette forme, il a dû monter à la surface du bain. D'ailleurs l'étain se rencontre également, comme on pouvait le prévoir, dans les silicates basiques : en 1833, Berzélius a reconnu sa présence dans un péridot de météorite.

Nous ajouterons, comme dernière remarque, que l'intervention des minéralisateurs énergiques, quoique, sans doute, généralement réalisée, n'est pourtant pas absolument nécessaire pour produire

la dissolution et la cristallisation de l'étain. M. Errington de la Croix a, en effet, trouvé récemment, en Malaisie près de Chéras, à Azer-Panas, des dépôts de source chaude formés principalement d'opale analogue à la geysérite et contenant, d'après M. St. Meunier, de la cassitérite de formation contemporaine[1].

Si nous nous occupons maintenant un peu plus en détail de la *constitution habituelle d'un gîte d'étain*, voici ce que nous trouvons.

L'étain, presque toujours en relation directe, comme nous l'avons dit, avec une granulite, se trouve, tout d'abord, très fréquemment disséminé, à l'état d'imprégnation, dans cette roche. M. Sandberger a montré sa présence, à l'état microscopique, dans certains micas lithinifères, dans les lépidolithes de Paris (Etat du Maine), d'Uto (Suède). Dans ces micas, l'acide stannique peut se substituer à la silice, tandis qu'il manque, au contraire, dans les micas foncés[2].

Même visible à l'œil nu, l'étain se rencontre souvent dans ces roches, en particulier dans toutes celles qui ont des filons stannifères à leur périphérie. Ainsi, à Montebras (Creuse), la masse de la granulite en contient près de 1/2 p. 100.

Mais ce n'est pas là, sauf des exceptions très rares, le gîte exploitable ; l'étain qui avait, au moment de la consolidation, une tendance à se dégager en fumerolles, s'est concentré surtout, avec les minéralisateurs, sous le couvercle schisteux de la granulite : on le trouve donc déjà plus abondant dans la zone de cristallisation périphérique de la granulite, qui a pris souvent, par l'action des minéralisateurs, un aspect tout spécial (stockscheider, zwitter de Saxe). Là il est fréquemment accompagné d'autres minéraux chlorurés, fluorés, boriqués ou ayant exigé l'intervention de chlore, fluore ou bore pour cristalliser.

Enfin, lorsque la granulite s'est refroidie, tout le réseau des fissures où a cristallisé la pegmatite, toutes les fentes de retrait de la granulite, toutes les dislocations des terrains voisins ont donné passage à la circulation d'eaux contenant encore en dis-

[1] C. R. 27 mai 1890.

[2] 1878. Sandberger : Sitzungs berichte der K. K. Ak. der Wissensch. zu Münschen. — cf. Revue de géol. (*Ann. d. M.*, 7e, t. XVII, p. 73.)

solution, par l'intervention d'un acide quelconque, de la silice et de l'acide stannique avec quelques sulfures, et ces dissolutions ont alors rempli de véritables filons d'incrustation en déposant d'abord la cassitérite sur les parois, puis le quartz (d'un aspect hyalin très spécial) au centre et métamorphisant la granulite ou les schistes au contact, de façon à les transformer en un greisen, un schorl, etc.

Il s'est formé, à ce moment-là, soit des stockwerks complexes, comme c'est le cas général en Saxe, soit des réseaux de fissures rattachés à une direction générale, comme à la Villeder (tinfloors), soit de grands filons prolongés, comme cela arrive souvent en Cornwall (tinlodes).

Le mode de cristallisation de l'étain et l'intervention première d'acides énergiques, en particulier de l'acide fluorhydrique, dans son transport sont bien prouvés, comme l'a montré M. Daubrée, par le rapprochement très constant qui existe entre un certain nombre de minéraux bien connus et la cassitérite.

C'est ainsi qu'on trouvera, dans bien des gîtes stannifères, de l'apatite, de la topaze, de l'émeraude; parfois (quoique plus rarement qu'on ne l'a dit), de la fluorine, de la tourmaline ; en outre, du sulfure de molybdène, du wolfram, du bismuth, des minéraux d'urane, du mispickel et de la pyrite de fer [1].

On a fait cependant quelques objections pour certains de ces corps : M. Lodin a remarqué, par exemple, pour la tourmaline, qu'elle manquait, en général, en Cornwall (à Dolcoth, Tincroft, Carn Brea, East-Pool), qu'au Michaels-Mount elle se trouvait, non dans le stockwerk, mais dans la roche encaissante.

De même, l'axinite, parfois signalée comme un satellite de l'étain, n'a été trouvée en Cornwall qu'à Botallak et dans une veine perpendiculaire aux filons d'étain. Cependant, la tourmaline est fréquente dans les stockwerks stannifères de Saxe. D'ailleurs, à notre avis, la relation d'origine qui lie ces corps les uns aux autres et qui les rapproche dans la zone périphérique des granu-

[1] Le kaolin est également abondant au voisinage de l'étain ; à Carclaze, en Cornwall, par exemple, il est devenu aujourd'hui un élément industriel important. Sa présence peut résulter, comme nous l'avons vu, tome I, page 631, de l'altération produite (ou du moins préparée) sur les felspaths de la granulite par les minéralisateurs fluorés.

lites, n'est pas nécessairement une relation de cristallisation dans un même filon.

Nous avons vu que l'étain se déposait aujourd'hui dans une source thermale à silicates alcalins ; il est possible que, dans les filons et surtout dans les grands filons, déjà assez éloignés de la granulite, comme ceux du Cornwall, le fluor, qui avait d'abord servi de véhicule à l'étain, n'ait plus joué qu'un rôle secondaire. Cela expliquerait des faits qu'on a opposés à la théorie de M. Daubrée : l'existence, par exemple, de blende entourée de cassitérite, alors que le fluorure d'étain aurait attaqué le sulfure de zinc, la rareté de la fluorine dans les filons du Cornwall, sauf dans les parties cuprifères, etc... Il n'en est pas moins vrai qu'on peut voir, à Carclaze, au mont Saint-Michel (Michaels-Mount), etc., des cristaux de cassitérite qui se sont implantés par substitution dans les feldspaths [1] et qui n'ont pu le faire que par l'action de corps capables de dissoudre le feldspath. En outre, la synthèse de tous les minéraux associés à l'étain et de la cassitérite elle-même a été obtenue par les fluorures.

Nous reviendrons sur quelques-uns de ces points en décrivant les divers gisements classiques de l'étain [2].

## ÉTAIN DU CORNWALL [3]

(*Filons proprement dits et stockwerks au voisinage du contact de la granulite et du terrain dévonien, avec rapprochement du cuivre et de l'étain dans les mêmes gisements.*)

**Historique.** — Les mines d'étain du Cornwall (ou Cornouailles), connues dès la plus haute antiquité, et déjà fameuses à l'époque romaine, sont encore aujourd'hui le centre de beaucoup le plus

[1] Le phénomène de la transformation d'orthose en cassitérite a été étudié par Phillips. (*Jahrsbericht für Chimie*, 1875, p, 1249; cf. *Ann. d. M.*, 7e série, t. XIII, p. 516.) — On voit, au microscope, le mica, le quartz et la tourmaline pénétrer l'orthose en même temps que la cassitérite. Un phénomène de métamorphisme analogue a transformé le granite ou la granulite en une roche spéciale aux gîtes d'étain, le greisen, composé de quartz, de mica et de cassitérite, comme on a pu l'observer particulièrement à Cligga, en Cornwall. (*Ann. d. M.*, 7e, t. XIII, p. 522.)

[2] Voir en particulier, p. 126, 139, etc.

[3] Coll. *Ecole des Mines*, 1803.

important d'exploitation de l'étain en Europe; elles ont produit, en 1877, 14 000 tonnes de minerai valant 14 390 000 fr.; depuis, leur production oscille autour de 8 000 tonnes d'étain. Il y a plus de 180 mines en activité, dont 27 traitant les minerais d'alluvions. Sur 183, en 1880, 9 seulement se trouvaient en Devon et 174 en Cornwall, dont 100, produisant 10 501 tonnes de minerais, dans la moitié Ouest de la province.

**Géologie de la région.** — L'arête du Cornwall (fig. 186, p. 114), de Launceston au cap Landsend, est formée par quatre grandes masses de granulite que prolongent : à l'Est, une cinquième, celle de Dartmoor; à l'Ouest, une sixième, celle des îles Scilly; la première est au Nord de Bodmin, la deuxième entre Bodmin et Saint-Austell, la troisième entre Redruth, Truro et Marazion; et la quatrième au cap Landsend.

Une coupe N.-S., du canal de Bristol à la Manche (fig. 185), montre la disposition générale des terrains.

Cette granulite, appelée *growan* par les mineurs du pays, est assez homogène dans sa composition; parfois elle devient porphyroïde ou se charge de cristaux de tourmaline. Elle est recouverte par un manteau de schistes micacés passant au gneiss par feldspathisation et contenant des lits amphiboliques. Ces schistes, dits *killas*, ont subi, de la part de la granulite voisine, un métamorphisme profond que de la Bèche

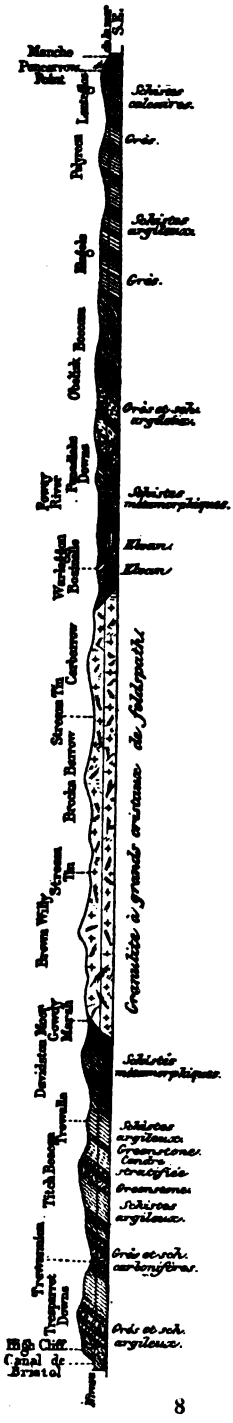



Fig. 185. — Coupe longitudinale de High Cliff, près Boscastle à Pencarrow Point (Cornwall).

**Fig. 186. — Carte géologique du Cornwall au $\frac{1}{1\,000\,000}$**

a étudié, en particulier, dans le Dartmoor. Ils se sont, dans une première zone, changés en des sortes de cornéennes ; un peu plus loin, chargés de mica. La direction générale de ces schistes épouse celle de l'axe granulitique, c'est-à-dire qu'elle est N. E. Les schistes les plus inférieurs, généralement représentés comme dévoniens sur les cartes, seraient cambriens d'après Davies et Foster ; au-dessus, viendraient des niveaux amphiboliques avec serpentines, qui seraient du sommet du cambrien ; puis des schistes argileux passant au dévonien, parmi lesquels il faudrait comprendre les grès et ardoises qui, dans le Devon, reposent directement sur la granulite de Dartmoor.

Le mouvement de dislocation, qui a fait apparaître la granulite, paraît être du carbonifère. D'après Murchison, la granulite de Dartmor traverse, en filons, le dévonien supérieur.

Cette granulite envoie, comme apophyses, un certain nombre de filons d'elvan, c'est-à-dire de granulite à grain extrêmement fin, ayant jusqu'à 120 mètres de puissance et dont une partie est minéralisée par de la pyrite de fer, de la chalcopyrite, de la cassitérite. Au voisinage de ces filons d'elvan, comme de la granulite elle-même, les schistes sont traversés par des veines de quartz et remplis de quartz en nodules ; ils se chargent de feldspath, de mica, de chlorite, d'actinote et, d'après Cotta, d'akmite, de prehnite, d'épidote, de topaze... La granulite elle-même contient, d'ailleurs, comme toujours, des veines pegmatoïdes irrégulièrement ramifiées, ayant l'aspect de veines de sécrétion, où l'on trouve des minéraux : pinite, émeraude, tourmaline, topaze, apatite.

Enfin, la masse entière paraît avoir été recoupée par deux systèmes de filons : l'un, le plus ancien, oscillant à 25° de part et d'autre de la ligne Est-Ouest ; le second, qui a déplacé celui-ci, à 30° de part et d'autre de la ligne Nord-Sud. Le premier système est le plus riche en minerais métallifères, particulièrement en minerais d'or et d'étain ; on a remarqué que sa direction coïncidait avec celle des dykes d'elvan.

On a distingué, dans le Cornwall, 5 dislocations successives :

1° La première au moment de l'intrusion de la granulite dans les schistes ou peu après ;

2° La deuxième ayant donné passage aux dykes d'elvan et aux filons traversant granulite et schistes ;

3° La troisième comprenant les filons d'étain et de cuivre les moins riches, Est-Ouest ;

4° La quatrième, les filons Nord-Sud ;

5° Les failles Est et Ouest dans les filons.

Chacun de ces systèmes présente des cassures secondaires divergeant autour de lui en tous sens, comme les cassures d'une vitre. C'est à ce réseau que M. Moissenet a essayé, un peu théoriquement, d'appliquer des lois mathématiques.

**Gîtes métallifères.** — Les grands districts miniers du Cornwall et du Devon sont groupés autour des massifs granulitiques ; les mines les plus productives se trouvant sur les flancs Nord et Sud de ces massifs entre Penzance et Dartmoor, toujours à une distance très faible (au plus 3 à 4 kilomètres) du contact des schistes et de la granulite.

Un des caractères les plus remarquables de ces gîtes du Cornwall, c'est que l'étain et le cuivre y coexistent, tantôt isolés chacun dans un district, tantôt réunis. Nous dirons plus loin comment la proportion des deux métaux varie, dans un même filon, avec la profondeur. Elle diffère également d'un filon à l'autre :

C'est ainsi qu'à partir du Nord, le bord Ouest du massif de Dartmoor est cuivreux, Dartmoor lui-même stannifère;

Autour de la bosse de Callington, on rencontre le cuivre et l'étain, tandis qu'au Nord-Est, à Sidfor et, au Sud, à Beer Alston, on a des minerais d'argent;

Les mines autour de la masse de granulite située entre Launceston et Bodmin contiennent, en général, cuivre et étain ; on y trouve aussi quelques filons de plomb argentifère.

Au S.-E. de la granulite de Saint-Austell, on trouve surtout du cuivre (Fowey Consols Mine) ; sur le reste de la circonférence, on a affaire à l'étain.

Le district suivant, autour de Redruth et de Penryn, est le grand centre de cuivre du Cornwall, quoiqu'au N.-O. près de Gwinnear, l'étain soit abondant et qu'on ait pu extraire un peu d'argent à certaines époques.

Enfin, entre Marazion et le cap Landsend, on exploite surtout l'étain. C'est à côté de Penzance que se trouve un gisement très souvent cité au point de vue minéralogique, celui de Michaëls Mount (ou mont Saint-Michel).

Si nous prenons une masse granulitique entourée des strates diverses, nous trouvons, en général (d'après Davies), sur son pourtour : au voisinage des schistes micacés cambriens, un premier cercle de mines d'étain ; puis, vers les couches amphiboliques, un cercle de mines de cuivre et, plus loin, un cercle de mines de plomb.

Dans un même filon, on a quelquefois remarqué des *variations en profondeur* paraissant obéir à certaines lois :

A la surface, se présente d'abord un chapeau de fer (gossan), résultant d'actions superficielles sur les sulfures, où, par suite de la disparition de ces sulfures, la proportion d'étain oxydé est assez forte ;

Plus bas, par une conséquence probable du même phénomène, le cuivre augmente, au contraire ;

Enfin, à une certaine profondeur, la plupart des mines du Cornwall ont vu disparaître le cuivre pour faire place à l'étain. Cette évolution, qui s'est produite vers 1870, a eu lieu à Dolcoath et dans divers gîtes du district de Camborne et Redruth, à une profondeur variant de 350 à 450 mètres. Au-dessous et jusqu'à 625 mètres, on a constaté un enrichissement sensible en étain.

En résumé, les principaux centres de cuivre sont situés : autour de Tavistock, au N.-E. (Devon Great Consols et South Caradon mines) ; et, autour de Redruth, au S.-O. (Carn Brea, Cremier et Abraham, Crofty, Sonth Huel, East Pool, West Seton Huel et West Tolgus).

Quant aux filons d'étain, on les distingue, au point de vue géologique, d'après leur allure, en trois catégories :

a. *Tinlodes.* — Filons proprement dits recoupant killas, granulite et elvan sur les bords de la granulite.

b. *Tinfloors.* — Réseaux de veines entrelacées, soit dans les granulites, soit dans les schistes, considérés par certains comme contemporains de la granulite même, mais paraissant bien plutôt postérieurs. On peut en voir, d'après Cotta, un bel exemple entre Saint-Yves et le cap Cornwall.

c. *Stockwerks.* — Cas extrême du précédent, réunions de veines très rapprochées arrivant à former, ou un amas, ou un filon. Le mont Saint-Michel en est un exemple classique. On en trouve dans la granulite et surtout dans l'elvan, ainsi à la mine de Wherry, entre Penzance et Newlin, à la mine de Madron, près Trewiddenball.

Au point de vue industriel, les grands filons sont surtout productifs.

Lorsque nous étudierons la Saxe, nous trouverons, au contraire, presque uniquement des tinfloors et des stockwerks ; de même, à la Villeder en Morbihan, en Galice, on a des tinfloors, ce qui explique la pauvreté relative de ces gisements ; le réseau de veines qui constitue le tinfloor étant toujours très irrégulier, et le plus souvent, assez vite limité, tandis que les cassures nettes qui four-

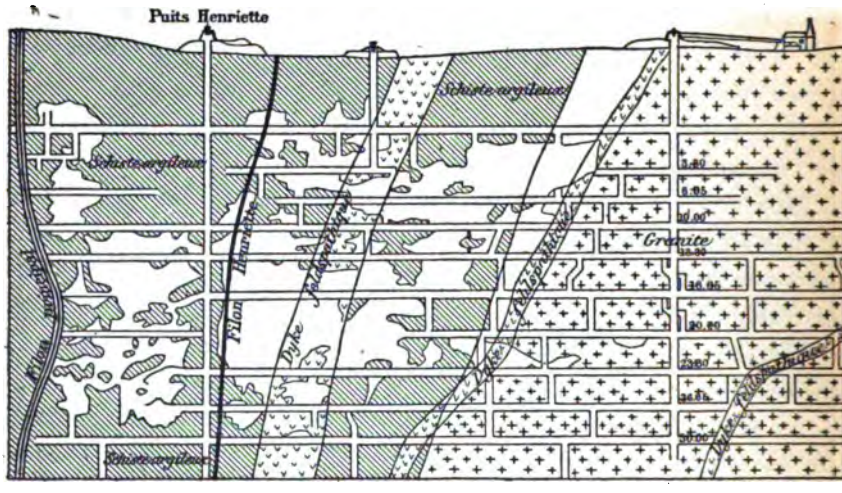



Fig. 187. — Coupe des anciens travaux de la mine Dolcoath sur le Counter Lodes. (D'après Davies.) (La mine a été approfondie depuis.)

nissent les tinlodes se poursuivent et, parfois même, s'enrichissent en profondeur.

La *nature des roches encaissantes* a, sur l'allure et sur la richesse du gisement stannifère, une influence qui a été soigneusement étudiée par les mineurs du Cornwall et dont la figure 187, en montrant la proportion relative des dépilages dans le schiste et dans la granulite, peut donner une idée.

D'une façon générale, on considère que les filons s'appauvrissent dans le greenstone et s'enrichissent dans les schistes ou

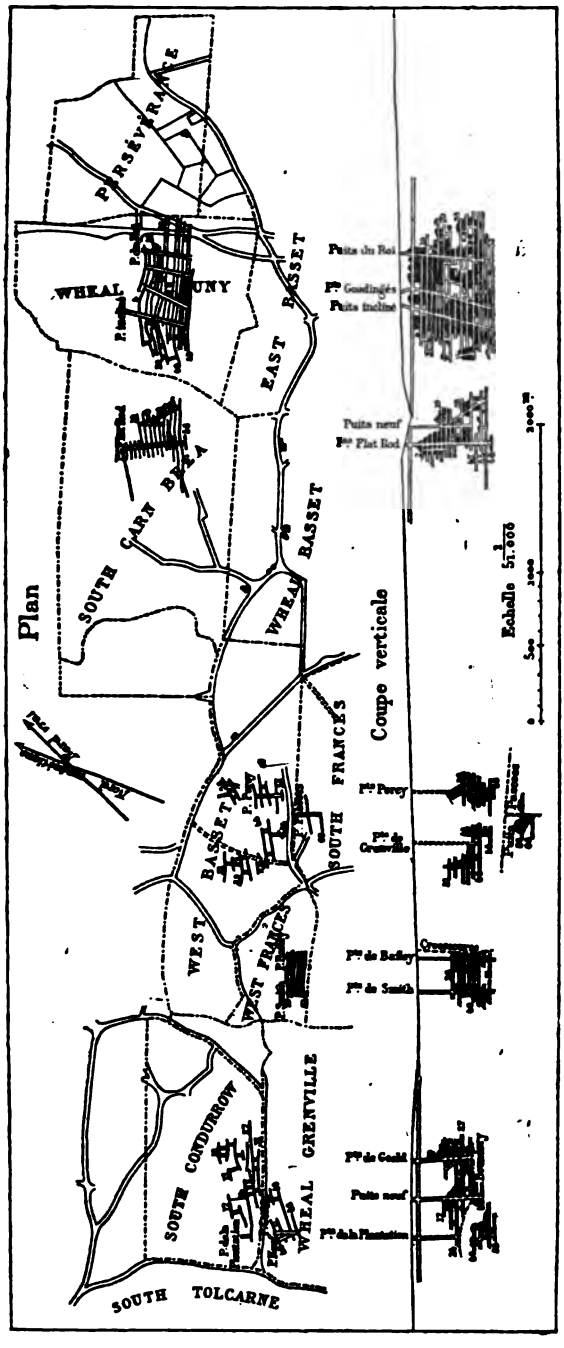



Fig. 188. — Plan et coupe verticale des mines d'étain sur le Great Flat Lode de Redruth (Cornwall). (D'après Davies.)

dans les parties tendres et altérables de la granulite, ainsi qu'au

voisinage de certains filons d'elvan. L'intersection de deux filons produit un enrichissement du côté de l'angle aigu.

Nous allons maintenant décrire quelques types choisis de ces gîtes et, en premier lieu, comme Tinlode, le « *Great flat Lode* », au Sud de Redruth et de Camborne (fig. 188, p. 127).

Ce filon s'étend, de la mine de Perseverance à l'Est, à celle de South Tolcarne à l'Ouest, et suit le bord Sud de la masse de granulite de Carn Brea. Sa direction est N. 35° E. Son pendage est d'environ 46° vers le Sud. Il contient, au centre, un remplissage constant de quartz ferrugineux avec cristaux de cassitérite, au milieu d'un schorl stannifère tenant de 1 à 3 p. 100 de cassitérite, c'est-à-dire d'une roche de métamorphisme passant, par l'intermédiaire d'un schorl-rock pauvre en étain, à la granulite ou au killas stérile. M. Le Neve Foster, qui a étudié cette action métamorphique, l'a comparée à celle qu'on observe dans de véritables amas stannifères comme ceux[1] de Wendun et a émis l'avis qu'on avait affaire, avec l'étain, non pas à de véritables filons d'incrustation, mais à des zones d'imprégnation et, en quelque sorte, de substitution, partant d'une fracture primitive, qui, elle seule, a donné lieu à des phénomènes d'incrustation proprement dite.

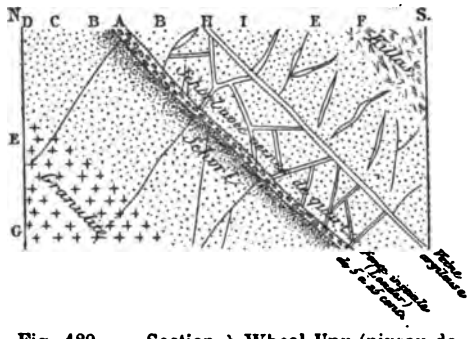



Fig. 189. — Section à Wheal Uny (niveau de 35 mètres). Echelle au $\frac{1}{400}$.

Un plan de ce filon, (fig. 188), que nous reproduisons d'après Davies, indique son allure à travers les exploitations successives de Perseverance, Wheal Uny, South Carn Brea, West Basset, West Frances et South Condurrow. Ses caractères se modifient un peu en ces divers points.

La figure 189 montre sa coupe à Wheal Uny Mine, à l'étage de 35 mètres. Là le filon a, pour toit, le schiste (killas); pour mur,

[1] *Geol. Soc.*, 9 janvier 1878; cf. Revue de géologie. (*Ann. d. M.*, 7e, t. XV, p. 197, et t. XVII, p. 295.)

la granulite. A représente la fente originelle ou leader, ayant de 0,05 à 0,25 de large, remplie par des fragments de schiste chloriteux cimentés par du quartz et de la pyrite de fer. B est une épaisseur variable de granulite à grain fin ou compact (schorl) avec des veines nombreuses de quartz et cassitérite. H est une veine d'argile contenant un peu de quartz et de pyrite. Il y a, de part et d'autre, passage graduel : d'une part, au schiste ; de l'autre, à la granulite.

Un plus loin, à la Mine de *West Basset*, on trouve ce filon en pleine granulite (voir fig. 190).

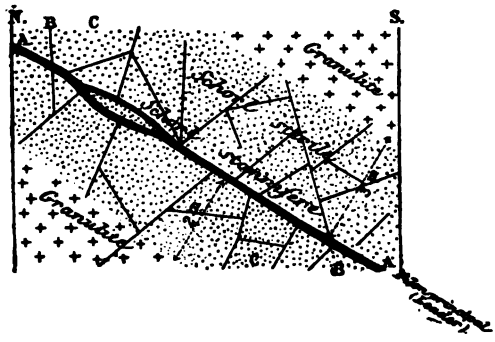



Fig. 190. — Section à West Wheal Basset (niveau de 30 mètres). Echelle au $\frac{1}{100}$.

La fonte A, de 5 à 6 centimètres d'épaisseur, est remplie par des fragments de la roche encaissante (Capel). B est la granulite stannifère d'un gris bleu passant à la roche stérile. L'épaisseur du stockwerk est d'environ 3 mètres d'un côté du filon et 2 mètres de l'autre.

A *South Condurrow*, on est encore dans la granulite, mais l'aspect change (fig. 191).

La fonte principale A est plus complexe ; elle est encore remplie d'argile, de quartz et d'oxyde de fer avec des fragments de la roche encaissante. B est la zone métallifère, d'environ $1^m,60$, formée de granulite stannifère noirâtre traversée par de très nombreuses veines de quartz de toutes les directions, ayant de 5 à 6 centimètres de large, et par des veines transversales, contenant de la pyrite de fer. On passe progressivement à la granulite intacte C.

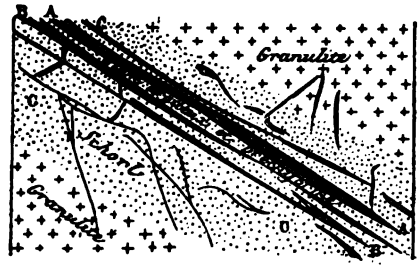



Fig. 191 — Section à South Condurrow (niveau de 20 mètres). Echelle au $\frac{1}{400}$.

A *South Brea* enfin, le même filon, à 350 mètres de profon-

deur, avait une largeur de 0m,60 à 1m,30 et était chargé de minerai de cuivre. Il était situé là entre la granulite et les schistes.

La production totale de ce filon est figurée ci-dessous pour 1876 :

| CONCESSIONS | MINERAI BRUT | MINERAI PRÉPARÉ |
|---|---|---|
| Wheal Uny | 17 702 tonnes. | 349 tonnes. |
| South Carn Brea | 2 640 — | 30 — |
| West Basset | 29 144 — | 618 — |
| West Wheal Francès | 6 652 — | 123 — |
| South Condurrow | 19 414 — | 588 — |
| Wheal Grenville | 8 500 — | 138 — |
| | 83 452 tonnes. | 1 846 tonnes. |

On voit que la proportion de minerai préparé est environ 2,5 p. 100 de l'extraction et que la production de ce filon, 1 842 tonnes, est, à peu près, le 1/8 de la production totale du Cornwall.

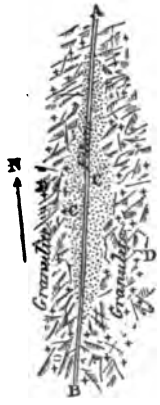



Fig. 192. — Plan du filon de East Wheal Lovell Mine, près Redruth, au $\frac{1}{300}$.

AB, filon. — CC, masse imprégnée, — DD, granulite.

Passons à d'autres régions, où nous retrouverons des caractères analogues : filon central ayant servi à l'arrivée de l'étain et imprégnation, à droite et à gauche, de la roche encaissante.

La figure 192 représente la Mine *East Wheal Lovell*, près Redruth. AB est la fente originelle, d'à peine 1 centimètre de large, remplie de quartz et d'argile ferrugineuse. Autour de cette fente, il existe une imprégnation stannifère C qui passe graduellement à la granulite. La masse stannifère C est formée d'un mélange de quartz, mica, gilbertite, fluorine, pyrite de fer et de cuivre et cassitérite. Tantôt elle s'étend plus d'un côté de la fente, tantôt de l'autre. La longueur de l'amas est de 4 à 12 mètres et sa largeur de 3 à 4 mètres. On l'a suivi jusqu'à 220 mètres de profondeur. Par endroits, lorsque l'étain valait 2 000 francs la tonne, on a extrait de 10 000 à

12 000 francs d'étain par mètre et généralement on obtenait 6 à 700 kilogrammes d'étain par mètre cube.

Là le minerai est dans la granulite. Ailleurs au *Park of Mines*, au Sud de Saint-Colomb, nous trouvons l'étain dans les schistes, au voisinage de la granulite de Saint-Austell. L'étain forme, le long de la schistosité, des lentilles étroites de 2 à 4 centimètres d'épaisseur, reliées par des veines transversales[1]. La largeur totale de la masse imprégnée est là de 14 mètres du Nord au Sud et 20 mètres suivant la pente. Le minerai est associé avec du quartz, de la tourmaline et du kaolin.

Enfin nous citerons, à *Cligga Point* (fig. 193), un exemple

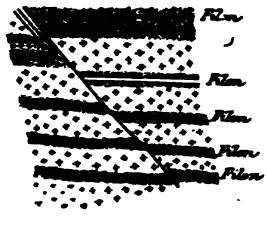


Fig. 193. — Granulite avec veines de cassitérite à Cligga Point (Cornwall).

Echelle au $\frac{1}{020}$.

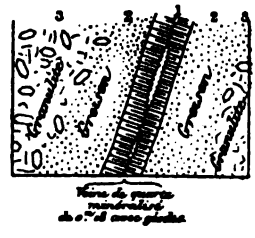


Fig. 194. — Vue agrandie des veines dans la granulite de Cligga Point.

Echelle au $\frac{1}{10}$.

analogue au stockwerk classique de Geyer, en Saxe. C'est une masse granulitique de 100 mètres de long, traversée par une foule de veines parallèles déplacées par une faille. D'une manière générale, on peut remarquer que ces filons du Cornwall témoignent d'une série de dislocations et de réouvertures successives assez complexes, ainsi que d'un remplissage s'étant prolongé pendant un temps très long[2].

Le détail d'une veine est montré par la figure 194. C'est un filon de quartz de $0^m,08$ d'épaisseur avec des cristaux perpendiculaires à l'axe, laissant parfois un intervalle vide et contenant, outre le quartz, de la cassitérite, du wolfram, du mispickel et de la tourmaline. 2 y représente un greisen de couleur noire, ayant $1^m,50$ environ de chaque côté du filon de quartz, formé unique-

[1] C'est un type assez analogue à celui que nous retrouverons en Galice. Voir p. 145.

[2] Von Cotta a insisté (p. 474) sur les exemples qui mettent ces réouvertures successives d'un même filon en évidence.

ment de quartz et mica et contenant de la tourmaline, de la gilbertite et de la cassitérite. Des baguettes de tourmaline remplissent fréquemment des cavités qui paraissent résulter de la disparition de l'orthose. On passe progressivement à la granulite.

On peut observer que, lorsque l'étain se trouve avec le cuivre dans un même filon, il est généralement sur les deux parois et le cuivre et l'étain sont séparés par des veines de quartz, d'argile et d'autres minéraux. On en a conclu que les deux venues métallifères étaient indépendantes.

La mine *Old Huel Vivian* nous fournira un exemple de mélange du cuivre et de l'étain. Là le filon variait de 1 à 13 mètres de large et contenait de grands fragments anguleux cimentés par des minerais de cuivre et d'étain. Il était recoupé par 11 croiseurs sur 350 mètres de profondeur et était surtout enrichi le long des croiseurs. Ce gisement a été considéré par Davies comme ayant été formé très postérieurement à la venue stannifère par un lavage des éléments de la roche.

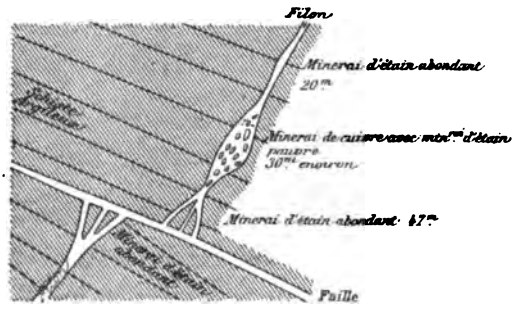



Fig. 195. — Coupe du filon de Old Hewas mine (Cornwall).

A *Old Hewas mine* (fig. 195), on a un type d'enrichissement à la rencontre d'un croiseur.

En dehors de ces mines, situées sur des filons, on exploite, en Cornwall, des *alluvions :* 200 personnes environ y sont occupées.

**Résumé théorique.** — En résumé, l'étude du Cornwall met en évidence les faits suivants, venant à l'appui de la théorie précédemment exposée[1] :

1° La venue stannifère est en relation manifeste avec des contacts de granulites et de schistes ;

2° L'étain se trouve, sous une première forme, en filons traver-

[1] Pages 107 à 112.

sant la granulite et le schiste, au voisinage de leur contact. Ce n'est donc pas dans de simples fentes de retrait de la granulite qu'il s'est déposé; mais on doit admettre que, la granulite étant déjà consolidée, au moins à la surface, un mouvement de dislocation, continuation probable de celui qui avait déjà déterminé la montée de la granulite, a occasionné, au contact des deux roches, un craquement, une fracture;

3° Ce craquement n'a pas été unique, puisque nous trouvons des exemples de réouvertures successives, mais paraît avoir eu des retentissements successifs pendant un temps très long;

4° Au point de vue du temps de ce plissement, on peut admettre qu'il a commencé, dans le Cornwall, après le dévonien; les schistes dévoniens ayant subi, du fait de la granulite, un métamorphisme intense. On considère généralement qu'il est antérieur au carbonifère (quoique Lyell ait été d'un avis contraire);

Les filons d'étain du Cornwall sont tous postérieurs à la granulite; ils paraissent, pour la plupart, postérieurs à l'elvan, d'après une remarque de de la Bèche; mais ils sont traversés par des microgranulites plus récentes (comme cela a lieu à Freiberg), microgranulites qu'on a parfois confondues avec les elvans anciens et qui sont, en réalité, plus jeunes. Ces microgranulites sont, elles-mêmes, antérieures au houiller;

5° Au point de vue du remplissage, nous reviendrons tout d'abord sur un fait très en évidence dans le Cornwall et très spécial à ce pays, c'est l'association du cuivre avec l'étain [1].

On peut voir là une conséquence de cette remarque que les mêmes fractures ont continué à rejouer pendant un temps assez long et, en fait, les observateurs semblent tous d'accord pour admettre que la venue cuprifère principale est postérieure à la venue d'étain. Cependant, il existe du cuivre associé à l'étain et on trouve également, avec lui, d'autres sulfures, de la blende, même de la galène. La venue chlorofluorée qui a produit l'étain n'a pas été, en effet, si distincte des venues sulfurées suivantes qu'on l'a parfois prétendu. M. Lodin a même remarqué que, dans plusieurs filons d'étain, on trouvait, en profondeur, des sulfures d'étain,

[1] Voir, p. 136, des exemples de faits analogues en Saxe.

tandis qu'on avait de l'oxyde à la surface (la Villeder, en Morbihan)

6° En ce qui concerne les relations de l'étain avec le chlore e le fluor, voici les faits sur lesquels nous pouvons nous appuye en Cornwall :

Nous constatons d'abord, pour les grands filons, qu'il existe autour de l'axe quartzeux, une zone de granulite imprégnée d'étair Comment s'est faite cette imprégnation, c'est ce dont on peut s rendre compte par le fait, très souvent cité, des cristaux d'orthos à Carclaze, au mont Saint-Michel, etc., transformés en cassit rite. Il est certain que l'étain était accompagné d'un minéralisa teur capable de dissoudre l'orthose.

Ce minéralisateur, emportant de l'étain, a dû, peu à peu, péné trer dans la masse de la granulite et la transformer en un greisen d'où le feldspath a disparu et où le mica s'est chargé de fluor e de lithine : il y a eu imprégnation progressive.

De même, pour les stockwerks, l'étain s'est répandu par un multitude de fissures et, en dissolvant le feldspath, a progressive ment rempli la masse.

Quel était ce minéralisateur? M. Daubrée s'est appuyé, pou croire que c'était le fluor, sur la présence d'un certain nombre d minéraux spéciaux qu'on ne trouve, pour la plupart, en pareill abondance que dans les filons d'étain et dont la synthèse a tou jours été réussie par l'intermédiaire des fluorures. Cette asso ciation des minéraux fluorés est cependant moins frappante e Cornwall qu'en Saxe, sans doute parce qu'on a affaire à des filon plus distincts, au lieu d'exploiter la zone périphérique et miné ralisée de la granulite.

*Bibliographie.*

1778. Price. — Mineralogia cornubiensis.

1790. Reise von London in die Grafschaft Cornwall. (*Köhlers journ.*, 1790

1803. Bonnard. — Sur l'étain du Cornwall. (*Journ. de min.*, *XIV*, p. 443.)

1811. Berger. — On the physical Structure of Devonshire and Cornwal (*Trans. géol. Soc.*)

1813. Thompson. — Observations minéralogiques sur le Cornwall. (*Annals philosophy*, *II*, p. 247).

1832. Fox. — On metalliferons veins and their electromagnetic propr.

1839. de la Bèche. — Report on Devon and Cornwall. (*Trans. géol. Soc.*)

1843. Henwood. — On the metalliferous deposits of Cornwall and Devon (*Trans. géol. Soc.*)

1845. Daubrée. — Gites d'étain. (*Ann. d. M.*, 3e, t. XX, p. 65.)

1858. Moissenet. — Préparat. mécanique du minerai d'étain dans le Cornwall. (*Ann. d. M.*, 5e, t. XIV, p. 77.)

*1861. Cotta, p. 463. — On y trouve (*Gangstùdien*, t. I, p. 482) une bibliographie très complète des ouvrages antérieurs à 1847.

1862. Moissenet. — De l'extraction dans les mines du Cornouailles. (*Ann. d. M.*)

1863. Moissenet. — Étude sur les filons du Cornouailles. (*Ann. d. M.*)

1876. C. Le Neve Foster. — Note on the deposit of Tin-ore at Park of mines, Saint-Colomb, *Cornwall.* (*British association for the advancement of Sciences.*)

1877. The Chinaclay of Devon and Cornwall. (*Crookes. journal of Sc.*, p. 53.)

*1878. C. Le Neve Foster. — On the great flat lode South of *Redruth and Camborne* and on some other Tin deposits formed by the alteration of granite. (*Q. J. G. Soc. Lond.*, t. XXXIV, p. 640. Londres, 1878.)

*1878. C. Le Neve Foster. — On Some tin Stockworks in *Cornwall.* (*Q. J. g. Soc. Lond.*, t. XXXIV, p. 654.)

1879. Helmhacker. — Allgemeines über das Zinnerz Vorkommen in Cornwallis. (*Oestr. Zeitschr.*, 1879, p. 473, 500, 509, 524.)

1879. Die Bergwerke von Devonshire und Cornwall. (*B. u. H. Z.*, 1879, p. 374.)

1881. Collins. — Note on the occurrence of Staniferrous dur horns in the tin gravels of *Cornwall.* (*Royal geol. Soc. of Cornwall*, t. X, p. 98. Penzance.)

1884. Groddeck, p. 273.

Carew. — Survey of Cornwall.

*1888. Davies, p. 171.

# ÉTAIN DE SAXE ET DE BOHÊME[1]

La région de l'Erzgebirge, aux confins de la Saxe et de la Bohême[2], n'a aujourd'hui, comme centre de production stannifère, qu'une importance presque nulle ; mais elle est classique par les travaux géologiques auxquels elle a donné lieu.

Là nous ne trouverons qu'exceptionnellement le type des grands filons continus qui constituent la richesse persistante du Cornwall (Graupen, Naundorf, etc.); en général, nous aurons affaire à ce qu'on appelle un *stockwerk* ou un amas entrelacé, c'est-à-dire à un réseau de veines si complexe et imprégnant si bien la roche à leur voisinage qu'on est obligé d'abattre la granulite elle-même comme un minerai stannifère, nécessairement très pauvre. Il existe, de cette façon, de véritables amas stannifères, dont les

[1] Coll. *École des Mines*, 1340.

[2] Voir la carte géologique de l'Allemagne Centrale, pl. II, au chapitre du *Plomb*.

types sont ceux d'Altenberg (900 mètres de long et de large), de Zinnwald (1 360 mètres de long et 480 mètres de large), d'Hubertus près de Schlaggenwald en Bohême (120 mètres de profondeur, 600 mètres de circuit). Ces stockwerks sont souvent séparés de la granulite encaissante par des brèches de friction, des schistes talqueux, chloriteux, etc., appelés, par les mineurs saxons, stockscheider.

En outre, on rencontre fréquemment : soit des fissures de retrait de la granulite remplies de quartz stannifère (Zinnwald), soit des injections dans les schistes voisins, contenant de l'étain avec du quartz ou même de l'étain dans un elvan (Schlaggenwald).

Toutes ces formes de gisements ont ce caractère commun d'être assez pauvres, irrégulières et généralement limitées dans tous les sens : ce qui explique comment la presque totalité de ces mines, si connues des géologues, sont aujourd'hui fermées.

Ces mines sont, du Nord au Sud : Altenberg, Zinnwald, Graupen, Pöbel, Seiffen, Marienberg, Ehrenfriedersdorf, Geyer, Buchholtz, Abertham, Sauersack, Platten, Johanngeorgenstadt, Eibenstock, etc.

Commençons par le type le plus classique, celui d'Altenberg :

### ALTENBERG

(*Stockwerk stannifère : réseau de veines de quartz stannifères au milieu de la granulite transformée en zwitter.*)

Le stockwerk stannifère d'Altenberg résulte, d'après les descriptions de Von Cotta et Groddeck, d'un métamorphisme spécial exercé sur un massif granulitique et l'ayant transformé, en partie, en une roche spéciale, appelée *zwitter* (ou stockwerks porphyr), qui forme le minerai d'étain. La granulite à grain fin, qui constitue l'ensemble de la masse et qui a passé graduellement au zwitter par l'action des dissolutions stannifères ayant circulé dans d'innombrables fissures, est entourée d'autres roches : porphyre quartzifère, porphyre granitoïde, granulite, etc., dont elle ne se sépare pas, dit-on, nettement.

Le zwitter est une roche foncée, analogue à l'hyalomicte, com-

posée essentiellement de quartz et de mica (avec chlorite secondaire) en mélange très intime et contenant des grains très fins de cassitérite avec un peu de mispickel, de bismuth natif, de fluorine, etc. La teneur en étain de ce zwitter est de un tiers à un demi p. 100. Il est traversé, ainsi que les porphyres et granites voisins, par un certain nombre de filons réguliers de quelques centimètres de large, orientés, les uns à 45°, les autres à 135°, et ayant, comme remplissage, la roche encaissante altérée et ferrugineuse, de l'argile rouge, un peu de quartz. Les épontes de ces filons sont généralement assez riches en étain et ont pu parfois être exploitées dans des conditions rappelant les filons du Cornwall. On suppose, en général, que les venues métallifères sont arrivées par eux et se sont répandues de là dans la masse voisine. Celle-ci, indépendamment de son imprégnation générale, renferme d'ailleurs un certain nombre de veines de quartz adhérant fortement à la roche et contenant, outre les minéraux de celle-ci, de la molybdénite, de la bismuthine, etc. Il est assez difficile de se rendre compte si l'étain est parti du filon pour se répandre dans la roche déjà presque consolidée, ou si le filon a été produit, au contraire, par une concentration secondaire des éléments d'abord disséminés dans la roche ; cependant la première hypothèse paraît plutôt justifiée par ce fait, déjà signalé en Cornwall et retrouvé ici, qu'on voit, en certains points, l'étain se substituer à du feldspath primitivement formé ; par conséquent, là l'étain n'émane pas de la roche, mais s'y introduit : ce qui n'empêche pas, bien entendu, de considérer l'étain comme émanant primitivement du magma granulitique. Nous avons expliqué plus haut notre pensée à ce sujet [1].

*Bibliographie.*

1789. Schütz. — Kurze Beschreibung des Zinbstockwerks zu Altenberg.
1823. Manès. — Mines d'étain de Saxe. (*Ann. d. M.*, VIII, p. 513, et IX, p. 463.)
1825. Nœggerath. — Ueber das Altenberg Stockwerk. (*Jahb. f. Min.*, p. 562.)
*1848. Freiesleben. — Beiträge zur Gechichte, etc., des sächsischen Erzbergbaues (avec bibliographie).
*1861. Cotta, p. 14. (Contient une bibliographie antérieure.)
1865. Müller. — (*Berg. u. Hutt. m. Zeit.*, 1865, p. 178.)
1884. Groddeck, p. 243.

[1] Pages 108 et suiv.

## GEYER

(*Veines de quartz et cassitérite au contact d'une granulite enveloppée d'une zone à grands cristaux* (*stockscheider*) *et du micaschiste.*)

A Geyer, l'étain se présente dans un massif de granulite enclavé au milieu des gneiss et micaschistes et qui présente cette particularité d'avoir, au contact des micaschistes encaissants, pris une cristallisation spéciale à très grands éléments. Cette zone spéciale, qualifiée de granite gigantesque ou de stockscheider, a environ 3 mètres de largeur et se reproduit, non seulement sur le pourtour du massif, mais aussi, sur une petite échelle, au contact de tous les fragments de gneiss enclavés dans la roche éruptive. Il paraît manifeste que la granulite était là tout particulièrement chargée de principes minéralisateurs, qui se seront concentrés à la surface de la masse pâteuse et probablement là où la contraction, due au refroidissement, amenait une tendance au vide.

Les veines de quartz et cassitérite, ayant de $0^m,006$ à $0^m,10$ de puissance, traversent, à la fois, la granulite et le gneiss au voisinage sans changer de direction ni d'inclinaison et ont, par suite, dû cristalliser postérieurement au refroidissement de la granulite, lorsqu'elle était, par rapport au gneiss, dans sa situation actuelle. M. Daubrée a remarqué que, dans les gneiss, elles épousaient la schistosité de la roche encaissante et s'appauvrissaient rapidement (le centre d'émanation ayant été dans la granulite). Les filons de Geyer contiennent, outre le quartz et la cassitérite, du mispickel, de l'émeraude, du wolfram, de la topaze, de la molybdénite, de l'apatite et de la fluorine. A leur contact, la granulite est modifiée et passe progressivement de son état normal au quartz filonien. Là encore, nous retrouvons une preuve de l'imprégnation postérieure de la granulite par les eaux siliceuses et stannifères, au lieu que la granulite ait sécrété, après coup, le quartz et l'étain. On peut remarquer qu'à Geyer, stockwerk, filons et micaschistes sont également traversés par un filon de minerai de fer, appelé le filon rouge.

*Bibliographie de Geyer.*

1778. Charpentier. — Mineral. Geogr. d. chursächs. Lande, p. 203.
1787. Duhamel. — Géométrie souterraine, p. 15.
1789. Töpe. — Dans le *Bergm. journal*, t. II, p. 979. (Cf. Hawkins, dans les *Trans. of the roy. Soc. of Cornw.*, t. II, p. 43.)
1805. Mohs. — Dans *V. Moll's Annalen*, p. 353.
1815. De Bonnard. — Essai géognostique sur l'Erzgebirge. (*Ann. d. M.*, t. XXXVIII, p. 372.)
1816. Blöd. — Dans *Leonhards Taschenbuch*, p. 3.
1823. Manès. — (*Ann. d. M.*, t. VIII, p. 55.)
1838. Naumann. — Erlaüterung z. geogn. Karte von Sachsen, cahier II, p. 176 et 248.
*1861. Cotta, p. 28.
Stelzner. — Beiträge zur geognostichen Kenntniss d. Erzgebirges.
1878. Credner. — (*Zeitsch. d. d. geol. Gesellch.*, t. XXX, p. 518.)
1882. Lapparent. — (*Géol.*, 1re éd., p. 1173.)
1884. Groddeck, p. 244.

## WEISS ANDREAS

Au type de Geyer se rattache la coupe classique de *Weiss Andreas* (fig. 196) où deux massifs de granulite (dont un seul arrivé au jour) se trouvent enveloppés de micaschiste. Le plus

Fig. 196. — Coupe transversale théorique du gîte stannifère de Weiss Andreas. (D'après V. Cotta.)

grand dôme de granulite (180 mètres sur 150 mètres) est, comme à Geyer, recouvert d'un stockscheider ayant, au sommet, une puissance maxima de 4 mètres.

L'étain s'y trouve en veines, comme à Geyer.

## ZINNWALD

(*Fentes de retrait stannifères, concentriques à la périphérie du dôme granulitique et filons passant de la granulite aux schistes.*)

A Zinnwald, la granulite stannifère forme, au milieu d'un felsite-porphyre, un dôme surbaissé, dont le sommet a été coupé par la surface du terrain. La section de ce dôme, à l'affleurement, a environ 1360 mètres sur 480 mètres. La granulite, à grain plus ou moins fin, généralement fortement kaolinisée, contient des nids et des mouches d'hyalomicte dont les dimensions peuvent aller jusqu'à 100 mètres de diamètre.

Une série de filons, parallèles à la surface extérieure du dôme, le divisent en une succession d'assises emboîtées les unes dans les autres.

Ces filons couchés, d'une allure très particulière, et qui semblent bien correspondre à des fentes de retrait, sont horizontaux sous la partie supérieure du dôme granulitique et plongent ensuite doucement dans tous les sens. Ils ont de $0^m,10$ à $0^m,75$ de puissance; les intervalles qui les séparent sont de 6 à 12 mètres dans le haut, de 20 à 40 mètres dans le bas. Ils sont, généralement, mal séparés de la roche encaissante et leurs parties extérieures paraissent seulement une continuation recristallisée de la roche. Le remplissage est symétrique et formé de quartz, mica lépidolithe, fluorine, cassitérite, wolfram, galène, chalcosine, cuivre gris, blende, scheelite, apatite, topaze, etc.; on y trouve, dans des géodes, des cristallisations splendides. Tous les caractères sembleraient pouvoir s'expliquer par une circulation d'eaux ou de vapeurs minérales s'étant infiltrées dans des fentes de retrait de la granulite, presque au moment même où ces fissures se produisaient.

En dehors de ces filons couchés, l'amas est encore traversé par des filons verticaux postérieurs et rejetant parfois, de un ou plusieurs mètres, les premiers. Ces filons correspondraient peut-être au remplissage des gisements d'Altenberg, etc., et prouveraient

que les venues stannifères se sont continuées assez longtemps. Ils sont généralement formés d'une hyalomicte décomposée ; plus rarement, de quartz, mica, fluorine, cassitérite et wolfram. Ils ont, d'après Müller, subi, comme les filons de Cornwall, plusieurs réouvertures successives, en sorte qu'il n'y aurait rien d'impossible à ce que le rejet des filons couchés par eux fût dû à une réouverture postérieure au remplissage, et que ce remplissage eût eu lieu simultanément dans les filons couchés et les filons droits.

Néanmoins, il semble bien qu'il y ait eu plusieurs phases dans la formation stannifère :

1° La granulite monte imprégnée d'éléments minéralisateurs; ces éléments se rassemblent sur le pourtour (Stockscheider de Geyer) ; un peu d'étain, qui était réparti dans la roche, se concentre dans ce stockscheider ;

2° Il se fait des fentes de retrait (ex : Zinnwald) intéressant seulement la granulite ;

3° Des cassures traversent la granulite et les terrains encaissants, et se rouvrent à diverses reprises.

*Bibliographie.*

1823. Manès. — Les mines d'étain de Saxe. (*Ann. d. M.*, 1823, t. VIII, p. 513, et 1824, t. XI, p. 463.)

1840. Reuss. — Das Zinnwalder Stockwerk, in den Umgebungen von Teplitz, 1840, p. 40.

* 1841. Daubrée. — Sur Zinnwald et Altenberg. (*Ann. d. M.*, 1841, t. XIX, p. 61, 72 et 83.)

* 1861. Cotta, p. 17.

1865. Müller. — (*Berg. u. Hutten zeit.*, p. 179.)

1882. Lapparent, p. 1173.

1883. Schröder. — Uber die Zinnerze des Eibenstockes Granitgebiets. (*Leipzig. Zitgungs ber. der natur. Gesel.*, p. 76.)

1884. Groddeck, p. 245.

*A Johann Georgenstadt* et *Eibenstock* la cassitérite se présente en filons assez nets dans la granulite.

## SCHLAGGENWALD

*(Veines de granulite elvanique stannifères et stockwerks.)*

Jusqu'ici, nous avons trouvé l'étain de Saxe dans des veines quartzeuses ou, au voisinage de ces veines, dans la granulite transformée en zwitter, greisen, etc. Il peut arriver que les ramifications granulitiques injectées dans les schistes, ramifications elvaniques ou pegmatoïdes, soient elles-mêmes riches en étain. Nous retrouverons quelque chose de ce genre en Galice; nous en avons un type à Schlaggenwald.

A Schlaggenwald, un massif important de granulite à gros grains, situé au milieu des gneiss, envoie, dans ces gneiss, une série de filons secondaires à grain fin, souvent elvaniques, contenant de l'étain. Ces filons stannifères, riches, sont composés de quartz, mica blanc rare et feldspath, avec fluorine, stéatite, apatite, wolfram, molybdène, cassitérite, pyrite de fer et de cuivre, mispickel. L'étain se trouve surtout, d'après Jantsch, au voisinage de la masse principale de granulite. Cette granulite stannifère forme, en outre, d'après Groddeck, au milieu des gneiss, trois grands stockwerks principaux, alignés à 40° : l'amas Hubertus, ayant 600 mètres de périmètre ; le Schnödenstock et le Klingentock ; c'est une granulite à grain fin, passant par endroits à un véritable quarzite, avec nids et mouches de cassitérite, wolfram, etc. Des veines de quartz stérile traversent et rejettent les veines stannifères.

### *Bibliographie.*

1856. JANTSCH. — (*Zeitschr. d. montanistichen Vereins im Erzgebirge*, n° 7, 8, 9.)

1857. STERNBERGER.— (*Östr. Zeitsch. f. B. u. H.*, 1857, p. 62.)

1858. GLÜCKSELIG. — (*Amtl. Bericht der Vers. deutchs. Naturf. und Aerzte.* Vienne, 1858, p. 66.)

*1861. COTTA, p. 199. (L'article donne une longue liste des minéraux de Schlaggenwald.)

1862. (*Zeitschr. f. d. B. H. u. S. im preuss. St.*, 1862, t. X, p. 164.)

1864. ANT. RUCKER. — (*Jahrb. d. KK. geol. Reichs.*, 1864, t. XIV, p. 311.)

1882. LAPPARENT, p. 1173.

*1884. GRODDECK, p. 248.

## GRAUPEN

(*Filons de quartz et cassitérite.*)

A Graupen, l'étain se présente en filons quartzeux traversant le gneiss gris, au voisinage de roches, classées par Groddeck dans les porphyres et contenant elle-même des filons. Ce gisement se rapproche, par son allure, du type du Cornwall. Ces filons ont été classés en trois groupes suivant leur inclinaison :

1° Filons principaux de 0,05 à 0,12 de puissance moyenne, de 15 à 55° d'inclinaison, remplis de quartz, cassitérite, fluorine, oligiste et pyrite rare. La roche du mur est imprégnée de minerai sur 5 à 7 centimètres ; celle du toit est stérile ;

2° Filons secondaires de 1 à 2 centimètres de puissance, de 29 à 41° d'inclinaison, remplis de quartz, kaolin et cassitérite ;

3° Filons droits de 2 à 7 centimètres de puissance, de 70 à 80° d'inclinaison, remplis par une brèche quartzeuse avec ciment siliceux et kaolinique, contenant de la cassitérite et fréquemment des mouches isolées de pyrites.

### *Bibliographie.*

1844. (*Jahrbuch. für den sächsigen. Berg. u. H.*, 1844, p. 35.)
1858. Jokély. — *Jahrb. d. geol. Reichs.*, p. 562.
1861. Cotta, p. 19.
1864. Laube. — *Jahrb. d. KK. geol. Reichs.*, p. 159.
1884. Groddeck, p. 249.

On peut rattacher au type filonien le gîte de *Martersberg*.

A Martersberg, on exploite un filon, qui semble s'être réouvert postérieurement pour donner passage à une venue argentifère. Le filon principal est, en effet, composé de barytine, fluorine, minerais de bismuth et d'argent sans trace de cassitérite, tandis que la cassitérite imprègne toute la roche encaissante.

Enfin, l'on trouve en Saxe le véritable type du Cornwall, avec

association du cuivre et de l'étain, à *Schmiederberg*, *Wiederpöbel*, *Naundorf* et *Salisdorf*[1].

Il existe là des filons, de 0,05 à 0,27, exceptionnellement de 3 à 4 mètres d'épaisseur, recoupant le gneiss gris et contenant quartz, fluorine, chlorite, mica, étain, avec association de pyrite de cuivre, de pyrite de fer, de mispickel, de galène, blende, etc. Parfois, le cuivre devient prédominant. Il serait d'ailleurs possible qu'il y eut là quelque phénomène de réouverture analogue à celui que nous avons supposé à Martersberg.

## GÎTES STANNIFÈRES FRANÇAIS
## LA VILLEDER (MORBIHAN)[2]

Les gisements d'étain de la Villeder (Morbihan) ont été récemment décrits par M. Lodin. Leurs caractères semblent les rapprocher plutôt de ceux du Cornwall (tinfloors) que de ceux de Saxe. Leur exploitation, qui avait été organisée il y a quelques années, est aujourd'hui suspendue.

Il existe, dans cette partie du Morbihan, un massif de granulite assez vaste qui s'étend à l'Ouest jusque vers Baud et Locminé. Ce massif est entouré de schistes d'un gris plus ou moins foncé, souvent lustrés et d'une fissilité très variable, qu'on a rattachés au cambrien. Ces schistes ont subi, au contact de la granulite, un métamorphisme très net et se sont chargés de mica blanc et de chiastolite. En outre, la granulite a injecté, dans les schistes, un grand nombre de veines et la surface de séparation des deux terrains est très irrégulière.

A travers cette granulite et ce gneiss, au voisinage du contact des deux roches, du côté de la Villeder et, le plus souvent, à peu près parallèlement à ce contact, c'est-à-dire vers 160°, courent des filons quartzeux d'épaisseur variable, qui contiennent l'étain dans

[1] 1867. Müller. — (*Neues Jahrb. f. Mineral*, 1867, p. 616. — 1884. Groddeck, p. 251.)

[2] Coll. *Ecole des Mines*, 1679.

des conditions semblant par suite tout d'abord très analogues à celles du Cornwall, sauf que le cuivre ici fait défaut. Mais, si l'on entre dans le détail, on trouve, au contraire, des différences assez fortes avec les filons compacts et prolongés de Cornwall et des rapprochements avec certains stockwerks, à mineraux nombreux et cristallisés, de Zinnwald, Michaels Mount, etc. Les filons quartzeux forment, en effet, un faisceau dont l'allure générale est assez régulière, mais qui, dans le détail, se ramifie en une série de veines.

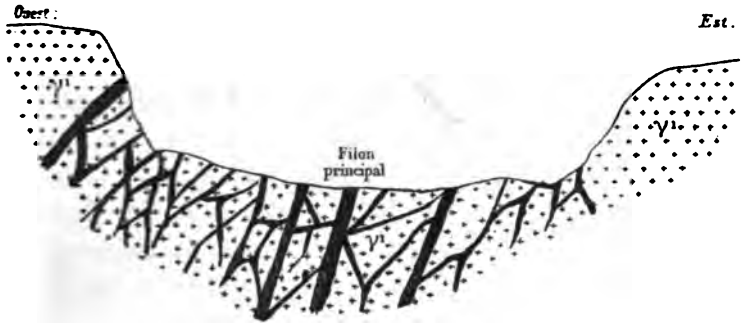



Fig. 197. — Coupe de la grande tranchée de la Villeder (d'après Renouf, 1858).

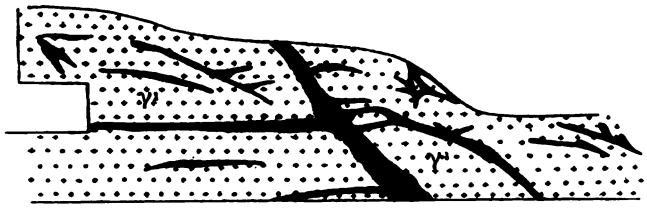


Fig. 198. — Coupe entre le puits Saint-Michel et le puits n° 8. (Echelle au $\frac{1}{200}$.)

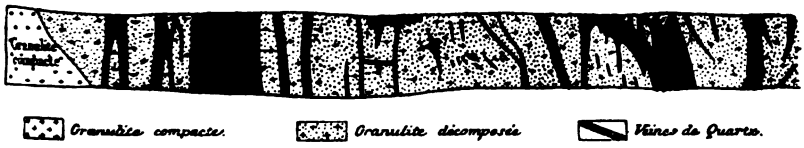


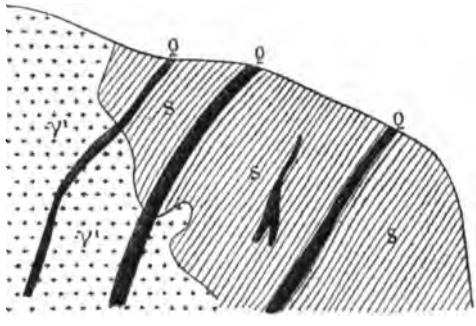

Fig. 199. — Coupe à la traverse du puits n° 5. (Echelle au $\frac{1}{200}$.)

La figure 197 montre le réseau de ces veines dans la granulite décomposée à la grande tranchée de la Villeder et les figures 198

et 199 dans l'exploitation : 1° entre le puits Saint-Michel et le puits n° 8 ; 2° à la traverse du puits n° 5.

Le faisceau est constamment à la limite même de la granulite et des schistes micacés et, comme le montre la figure 200, passe de la granulite au schiste sans déviation.

La granulite, assez fortement kaolinisée à la surface, au voisinage des filons quartzeux, est, à quelque profondeur, devenue entièrement solide.




γ' Granulite. S Schiste micacé. Q Quartz en filons.

Fig. 200. — Coupe d'une tranchée faite près du puits de Lédo (d'après Durocher, 1847).

Au point de vue du remplissage, les filons de la Villeder contiennent, en dehors du quartz dominant, la cassitérite, l'apatite, la fluorine, la molybdénite, le mispickel, la pyrite, la blende noire, la chalcopyrite, la galène, etc.; le wolfram ne paraît pas y avoir jamais été rencontré; quelques minéraux y sont très rares : ainsi la topaze, la phénakite, trouvées seulement deux ou trois fois dans des géodes du remplissage quartzeux; la fluorine et la molybdénite signalées dans les premières exploitations, disparues ensuite; la galène et la pyrite de fer, accidentelles dans le quartz.

Au sujet des autres minéraux, M. Lodin a fait les remarques suivantes :

La *tourmaline*, à la Villeder, est très rarement réunie à la cassitérite, quoiqu'il existe des cristaux d'oxyde d'étain portant, à la base, des aiguilles de tourmaline; elle semble même se trouver dans un quartz différent de celui des veines stannifères, ne répandant pas, sous le marteau, l'odeur caractéristique de ce dernier.

Les satellites les plus habituels de la cassitérite sont : le mica blanc, à 3,31 p. 100 de fluor, très peu lithinifère, l'apatite, l'émeraude, qu'on a souvent confondue avec l'apatite et sur laquelle l'étain s'est fréquemment moulé.

Le *quartz* est blanc laiteux et tout particulièrement chargé

d'inclusions liquides ; il enveloppe la cassitérite, l'émeraude, l'apatite, le mispickel, la blende ; mais, dans sa masse, se sont développées des géodes, où s'est formé un second dépôt de mica blanc, cassitérite, émeraude et apatite. Les surfures ne se rencontrent jamais dans ces géodes, où l'on a, au contraire, comme nous l'avons dit plus haut, observé la topaze et la phénakite.

Quant à la *cassitérite* elle-même, elle est souvent en cristaux volumineux brun foncé et opaques, appliqués sur les épontes du filon, dont ils sont séparés ordinairement par une couche de mica blanc, quelquefois en cristaux disséminés ou en masses irrégulières au milieu des remplissages quartzeux ; enfin, exceptionnellement, en cristaux bien formés au milieu des géodes.

La présence des sulfures mérite une attention particulière :

Le *mispickel* se présente un peu partout dans la masse et pénètre même dans la granulite des épontes, quoique celle-ci ne présente pas d'altération sensible. Il est parfois, au voisinage des épontes, recouvert par de la cassitérite ; d'autres fois, au milieu du quartz, jamais dans les géodes. Il contient une quantité d'or fort appréciable, 8 à 9 millièmes, qui a peut-être fourni l'or des alluvions stannifères du pays. La *blende*, plus rare, se rencontre dans des conditions analogues. Elle a généralement suivi la consolidation de la cassitérite ; cependant on a trouvé des cristaux de blende et de mispickel sur lesquels la cassitérite s'est moulée.

Si l'on cherche à déterminer l'ordre de consolidation, on trouve que, dans le cas général, l'émeraude a précédé la cassitérite, qui a précédé elle-même les autres éléments : quartz, apatite, etc... ; mais l'ordre inverse peut se présenter. Le mica blanc a continué à cristalliser pendant toute la durée de la formation.

M. Lodin s'est appuyé sur l'absence de la tourmaline ici et sur la fréquence de la fluorine dans les filons sulfurés pour combattre la théorie de M. Daubrée sur l'origine chlorofluorée de la cassitérite. Il a remarqué que, dans le Cornwall, la fluorine accompagne, non l'étain mais le cuivre, que la topaze est rare à la Villeder et en Cornwall, que la présence d'inclusions liquides dans le quartz semblerait prouver la présence d'un milieu hydrothermal analogue à celui des formations plombifères.

Ces objections sont d'inégale valeur. Sans doute, tous les minéraux fluorés, tourmaline, etc., ne se rencontrent pas dans tous les gîtes d'étain, mais il n'en reste pas moins que ceux-ci contiennent, presque toujours, une abondance toute spéciale de minéraux à cristallisation difficile et paraissant ainsi nécessiter la présence de fluorures. Sans doute aussi, il n'y a pas de distinction aussi tranchée qu'on l'a quelquefois soutenu entre les filons d'étain et les filons sulfurés, et les premiers contiennent déjà des sulfures. Cela rentre dans ce que nous avons dit, à diverses reprises, sur l'association, dans les fumerolles volcaniques les plus chaudes[1], des chlorures aux sulfures et aux carbures. La présence de ces derniers, lors de la formation des filons d'étain, semblerait même indiquée par l'odeur fétide du quartz et ses inclusions, qui pourraient bien être du carbure d'hydrogène.

Il y a lieu de remarquer, au sujet de minéraux comme la *topaze,* que souvent, lorsqu'ils ne sont pas visibles à l'œil nu, ils le sont au microscope. C'est ainsi que la topaze microscopique est très abondante dans la granulite à filons d'étain de Montebras.

*Au point de vue industriel,* les mines de la Villeder, qui paraissent avoir été, comme les gisements du centre de la France dont nous parlerons plus loin, exploitées dans une antiquité très reculée, dès la première époque du bronze, ont été repris en 1856, date de l'institution de la concession. Les premiers travaux, faits à ciel ouvert, donnèrent de mauvais résultats et furent interrompus en 1863. A partir de 1880, l'exploitation a été organisée sérieusement et en profondeur ; mais on constata d'abord que les parties superficielles du filon avaient été enlevées par les anciens ; puis, en profondeur, on se heurta, à une profondeur de 113 mètres, à une région stérile. Des circonstances extérieures forcèrent à mettre la mine en liquidation en 1886.

Un tableau ci-joint donne quelques résultats de l'exploitation :

[1] Voir notre travail sur la *Formation des gîtes métallifères.* (Encyclopédie Léauté, 1893.)

| DÉSIGNATION du CHANTIER | PUISSANCE EFFECTIVE du Filon | POIDS du Minerai | | TENEUR DU MINERAI en étain métallique | PAR MÈTRE superficiel de filon | | PUISSANCE RÉDUITE du filon (en oxyde d'étain pur) | OXYDE D'ÉTAIN PUR | | ÉTAIN MÉTALLIQUE utilisable par tonne de minerai | FRAIS RAPPORTÉS à la tonne de minerai | | | FRAIS spéciaux | FRAIS d'administration | PRIX DE REVIENT de la tonne d'étain métallique |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Ayant servi à l'expérience | Contenu dans 1 mètre superficiel | | Etain métallique | Oxyde d'étain pur à 75 p. 100 | | Par tonne de minerai brut | Utilisable par tonne en admettant 30 p. 0/0 de pertes au traitement | | Mine | Fonderie | Laverie | Par tonne d'étain métallique | | |
| | Mètres | Kilog. | Kilog. | P. 100 | Kilog. | Kilog. | Centim. | Kilog. | Kilog. | Kilog. | Fr. | Fr. | Fr. | Fr. | Fr. | Fr. |
| N° 1. Chantier au Sud des travaux près le Puits n° 5. . . . . | 11,00 | 6 240 | 24 960 | 1,02 | 254,59 | 339.04 | 5,02 | 13,59 | 9,51 | 7,13 | 8,85 | 3,50 | 0,70 | 1 760,00 | 100,00 | 1 860,00 |
| N° 2. Chantier au Nord du Puits n° 10. (Exploitation de la veine riche couchée.) | 1,00 | 2 346 | 2 346 | 2,16 | 50,46 | 67,28 | 1,03 | 28,07 | 20,09 | 15,06 | 14,10 | 5,00 | 1,50 | 1 367,00 | 100,00 | 1 467,00 |
| N° 3. Chantier au Nord du Puits n° 10. (Puissance totale.) | 4,20 | 4 928 | 9 856 | 1,88 | 185,29 | 247,04 | 3,08 | 25,00 | 17,05 | 13,12 | 8,70 | 4,50 | 1,30 | 1 105,00 | 100,00 | 1 205,00 |
| N° 4. Chantier au Sud du Puits n° 10. (Partie au nord.) | 1,20 | 1 444 | 2 888 | 2,75 à 2,93 | 79,60 | 106,01 | 1,06 | 36,07 | 25,69 | 19,26 | 11,40 | 5,00 | 1,90 | 950,00 | 100,00 | 1 050,00 |
| N° 5. Chantier au Sud du Puits n° 10. (Partie au sud.) | 1,00 | 2 406 | 2 406 | 3,31 | 79,69 | 106,15 | 1,06 | 44,01 | 30,87 | 23,15 | 13,75 | 5,50 | 2,30 | 936,00 | 100,00 | 1 036,00 |
| N° 6. Chantier au Sud du Puits n° 10. (Exploitation de la veine riche du toit.) | 0,30 | 800 | 800 | 10,67 à 14,54 | 85,00 | 113,03 | 1,07 | 141,06 | 99,12 | 74,34 | 41,25 | 8,00 | 7,45 | 762,00 | 100,00 | 862,00 |
| N° 7. Minerai des Vieilles-Haldes . . (8 700 tonnes.) | » | 42 000 | 1 500 | 2,88 | 43,02 | 57,06 | » | 38,04 | 26,88 | 19,16 | 2,00 | 5,00 | 2,00 | 471,00 | 100,00 | 571,00 |

*Bibliographie.*

1834. Blavier et Loriéux. — (*Ann. d. M.*, 3e série, t. VI, p. 381.)
1834. Audibrat. — Sur un gisement d'étain à Maupas (Morbihan.) (*Ann. d M.*, 4e, t. VI, p. 181-186.)
1844. Blavier et Lorieux. — (*Ann. d. M.*, 4e, t. VII, p. 181.)
1851. Durocher. — (C. R., t. XXXII, p. 902.)
1858. Renouf.
1860. Simonin. — Mines d'étain de la Villeder. (*B. S. G.*, 2e série, t. XXIII p. 37.)
1874. Limur. — Catal. raisonné des minéraux du Morbihan (Vannes).
1882. Limur. — Les mines d'étain de la Villeder. (*Bull. Soc. hist. nat. de Toulouse.*)
* 1883-84. Lodin. — Note sur la constitution des gites stannifères de la Villeder (Morbihan). (*B. S. G.*, 3e série, t. XII, p. 645.)
* 1887. Daubrée. — Eaux souterraines, p. 148.
1887. Baudot. — Les mines d'étain de la *Villeder* (Morbihan). (*Bull. Soc. Ind. min. de Saint-Etienne*, 3e série, t. I, p. 151. Saint-Etienne, 1987.)

## ÉTAIN DU PLATEAU CENTRAL[1]

### (*Vaulry, Cieux, Montebras, etc.*)

Le plateau central français contient un certain nombre de gisements d'étain intéressants, dont un seul, celui de Montebras, est repris de temps à autre et vient encore de l'être en 1891. Ces gisements, comme ceux de Saxe, se trouvent tous au voisinage de granulite éruptive, recoupant à la fois les gneiss et un granite pinitifère à très rares paillettes de mica blanc, qui paraît plus ancien que la granulite. Sur le flanc Nord de la chaîne de Blond, se trouve Vaulry; sur le flanc Sud, Cieux; sur une autre chaîne, Montebras.

A *Vaulry*, il existe, dans la granulite, des veines quartzeuses très multipliées, arrivant à former un véritable stockwerk et qui, par un phénomène très général, comme nous l'avons vu, se prolongent dans les gneiss voisins. La direction est 10°. Les veines de quartz contiennent, près des épontes, de la cassitérite. La gra-

[1] Coll. *École des Mines*, 1805.

nulite, au voisinage, a subi le même genre d'altération qu'à Altenberg; le feldspath est disparu et il est resté une hyalomicte, semblable au zwitter saxon, formée de cristaux de quartz et de mica et contenant de la cassitérite.

On a trouvé à Vaulry : wolfram; mispickel; cuivre natif très rare; fluorine dans quelques filons riches en fer arsenical et accompagnée d'urane phosphaté; molybdène sulfuré; chaux phosphatée très rare; traces d'or.

A *Cieux*, il existe, à la limite de la granulite et du granite, un filon de quartz atteignant près d'un mètre avec druses de quartz cristallisé au centre. L'étain, peu abondant, se trouve surtout au contact des épontes; les minéraux sont les mêmes, mais il s'y joint de la tourmaline. La direction est N.40°E., c'est-à-dire parallèle à la direction générale des filons de granulite.

En relation avec ces gisements, on trouve, dans presque toutes les vallées qui descendent de la chaîne de Blond, des alluvions stannifères.

Le gisement de *Montebras* (Creuse)[1] a été découvert, en 1859, par M. Mallard, exploité de 1863 à 1877 et repris de 1891 à 1892.

Il existe, en ce point, un massif isolé de granulite stannifère, entouré par du granite pinitifère à rares paillettes de mica blanc et en contact avec une granulite porphyroïde assez spéciale, à quartz bipyramidés bien nettement isolés dans une pâte rose, qu'on a souvent désignée sous le nom de porphyre.

Ce petit massif de granulite stannifère a 300 mètres de long sur 40 de large. Il contient, en moyenne, 4 à 5 millièmes d'étain tellement ténu qu'il flotte au lavage. A son toit et à son mur, il s'est produit une certaine concentration de la cassitérite, particulièrement au toit où l'étain est accompagné de parties verdâtres.

En outre de cet étain disséminé, il existe d'assez nombreux filons recoupant, soit le granite, soit la granulite porphyroïde, en bien des points au contact de cette dernière; enfin celle-ci est, de plus, traversée par des failles, souvent tapissées d'un enduit de phosphate d'urane et suivies par une roche elvanique jaunâtre. Dans la granulite porphyroïde, on connaît 4 filons; on en a

[1] Notes de voyage inédites de l'auteur (1889-1892). Voir, sur Montebras et les Colettes, t. Ier, p. 461 (lithium) et p. 618 (kaolin).

trouvé jusqu'à 40 dans le granite. Leurs directions, qu'on avait essayé de grouper théoriquement, sont très diverses.

Comme remplissage, ces filons se composent, tantôt de greisen vert avec apatite bleue et cassitérite, tantôt d'une sorte de pegmatite stannifère sans mica. Le quartz de ces veines, même lorsqu'il a l'air le plus pur, contient toujours assez d'étain pour être rendu impropre à la verrerie.

On a trouvé, à Montebras, un assez grand nombre de minerais associés à la cassitérite : en particulier, l'amblygonite[1] et la montebrasite, aujourd'hui exploitées pour lithine, la wawellite, la turquoise, etc., l'urane, l'apatite, et, paraît-il, autrefois, quelques mouches de cuivre.

Au contact des filons d'étain, la granulite est transformée en kaolin qu'on utilise.

Aux *Colettes* (Allier), nous avons vu[2] également que le gisement de kaolin exploité contient des traces d'étain.

On peut encore rapprocher de ces gisements d'étain les carrières de Chanteloube et de Saint-Léonard, en Limousin.

A *Chanteloube*, sur la route de Limoges à Paris, entre Rozès et Benine, existent des carrières fameuses où l'on exploite, pour émail de porcelaine, le feldspath d'un filon de pegmatite, situé en veine dans la granulite.

Ces carrières, où les minéraux atteignent des dimensions considérables, sont remarquables par la présence d'un certain nombre de minéraux rares, en particulier l'émeraude, le malakon (hydrosilicate de zircone), le mispickel, le wolfram, la colombite, la cassitérite, l'apatite, l'urane, etc.

Là, la présence de la cassitérite semble directement liée à celle de la pegmatite.

*Saint-Léonard* est un gisement de wolfram, consistant en un filon quartzeux assez irrégulier de direction N.-E., où l'on trouve du bismuth natif, du scheelin calcaire et de l'étain oxydé.

M. Mallard a insisté sur la présence, en tous ces points, d'an-

[1] L'amblygonite sert pour obtenir certaines couleurs vitrifiables brillantes, en particulier le jaune et le rubis. On en utilise également un peu pour fabriquer du carbonate de lithine.

[2] Tome I, page 618.

ciennes fouilles qui paraissent avoir eu pour but de rechercher non seulement l'étain, mais surtout l'or.

*Bibliographie.*

1813. Cressac. — (*Journal des mines* de juin 1813, n° 198) : sur Vaulry.

1815. Uber das Vorkommen von Zinn am Puy les Vignes und im Gebirge von Blond. (*Jahrb. f. Min.*, p. 560.)

Manès. — Descript. géol. et indust. de la Haute-Vienne.

1828. Dufrénoy. — Sur les filons d'étain de Vaulry. (*Ann. d. M.*, 2e, III, p. 65.)

*1859. Mallard. — Sur la découverte de l'étain à Montebras. (*Bull. Soc. Sc. nat. de la Creuse.*)

*1865. Mallard. — Gîtes stannifères du Limousin et de la Marche. (*Ann. d. M.*, 6e, t. X, p. 321.)

1869. Daubrée. — Sur le kaolin stannifère de la Lizole et d'Echassières. (C. R., 10 mai 1869.)

1871. de Cessac. — Sur l'homme préhistorique dans la Creuse (Caen).

1874. de Gouvenain. — Sur l'étain d'Echassières. (C. R., t. LXXIV, p. 1032.)

1889-1892. de Launay. — Feuille de Montluçon au $\frac{1}{80,000}$. — La vallée du Cher dans la région de Montluçon. (*B. Carte géol.*) — Le kaolin des Colettes. (*B. S. G.*, 1889.) — Notes de voyage inédites à Montebras, etc.

## ÉTAIN DE GALICE ET DE ZAMORA[1]

On exploite, depuis peu d'années, en Galice, à l'Est d'Orense et autour de Viana del Bollo, des gîtes d'étain assez pauvres mais intéressants comme allure, qui se rapprochent du type saxon.

Des massifs de granulite ont exercé, dans cette région, un métamorphisme prononcé sur des gneiss et schistes siluriens. Sur la périphérie de ces massifs de granulite, on voit s'en détacher des veines granulitiques qui s'injectent dans les schistes en les recoupant plus ou moins. On peut observer facilement l'une de ces veines presque horizontales de 8 à 10 mètres de haut, dans l'exploitation de San Minuel. Recoupée par quelques petits rejets bien nets, elle va en s'amincissant à mesure qu'elle s'éloigne de la gra-

[1] Renseignements dus à M. Saladin. Coll. *École des Mines*, 1944 à 1946. — Pline (XXXIV) mentionne déjà les alluvions stannifères de Galice et de Lusitanie.

Voir aussi : 1876. Manuel Garcia : Nota acerca de algunos fil. estanif. de la prov. de Salamanca. (*Bol. com. Map. Espana*, 3, 91.)

1880. De Maestre : prov. de Salamanca. (*Mem. com. Map. geol.*, 215.) — Cf. d'Achiardi, p. 541.

nulite, devient presque uniquement quartzeuse et finit par se perdre. Cette veine de granulite est recoupée, dans sa longueur, par une série de fissures de retrait, plus ou moins irrégulières, remplies par une exsudation de quartz stérile et, sur les épontes de ces veines de quartz, près de leur rencontre avec les schistes, ainsi que le long du contact des schistes et de la granulite, l'étain a cristallisé, souvent dans une gangue de feldspath à gros éléments. Les galeries de mines s'enfoncent donc en suivant ces veines à épontes de cassitérite et même de quartz stérile. Dans une autre exploitation où les gneiss sont très redressés, on a affaire à un filon de granulite kaolinisée bordé par une petite zone de mica et feldspath et, entre la granulite et le gneiss, existe un filon de quartz stannifère qui lance des ramifications dans la granulite.

La granulite en massif contient, elle-même, comme à Montebras, une certaine proportion, très faible, d'étain.

Il est bien visible là, comme dans tous les autres gîtes stannifères, que la granulite a été la roche mère de l'étain, et que celui-ci s'est concentré, à la fin de sa venue, sur sa périphérie, dans toutes les fissures produites par la montée de la granulite, soit au milieu des schistes encaissants, soit dans les retraits de cette granulite même, et y a cristallisé avec un quartz spécial.

L'étain de Galice est accompagné d'un peu de mispickel, de pyrite, de molybdène sulfuré et de wolfram.

Au Sud-Est, en Portugal, on exploite à Zamora des gîtes comparables :

**Etain de Zamora.** — L'angle N.-O. du Portugal est formé d'un immense plateau de granite et granulite au milieu duquel se trouvent les gîtes de *Zamora*.

Les gîtes sont remarquables par la multiplicité des veines très ténues et individuellement peu développées. Nulle part mieux que là, on ne voit la relation intime entre le mica et l'oxyde d'étain. La cassitérite est entourée de véritables houppes de mica blanc.

Dans le reste de la péninsule espagnole, également, on a exploité autrefois de l'étain dans les mines de San Isidoro et Marinera, près *Carthagène*, et dans celles de Terrubias, Santo Tome de Rozados, etc., province de *Salamanque*.

# ÉTAIN DES ÉTATS-UNIS, ETC.[1]

Les Etats-Unis, si riches en produits métallifères de toutes natures, sont très pauvres en étain; cela peut tenir à ce que les métaux y sont généralement associés à des roches tertiaires et que l'étain, quoique représenté en divers endroits dans la série tertiaire, y est certainement beaucoup moins abondant que dans la série ancienne.

Dans les Black Hills du Dakota, des recherches actives ont été faites depuis 1886 à Nigger Hill (Laurence county); Hamey Peak (Pennington county) et Warrens Gulch (Custer county). L'étain s'y trouve, paraît-il, dans des greisen, associés avec des roches qualifiées de porphyres, au milieu de terrains anciens. On parle d'une teneur de 3 p. 100. Des alluvions aurifères et stannifères accompagnent le gisement du comté de Laurence. Celui de Pennington se trouve dans un greisen à albite; dans le district de Bismarck, il est dans un quartz.

En *Californie*, la mine de Temescal a pris un certain développement depuis 1890.

La production des États-Unis a été : en 1889, de 22 000 tonnes de minerais pour le Sud du Dakota, de 5 000 pour la Californie, 1 000 pour la Virginie.

A *Durango, au Mexique*, l'étain est associé à la topaze et à un arsénio-fluorure, dit Durangite.

En *Chine*, on trouve cassitérite et wolfram avec mica blanc dans les célèbres mines de topazes et d'émeraudes d'Adun Tschelon, sur la frontière sibérienne. Le Sud de la Chine, vers la frontière tonkinoise, paraît, en outre, renfermer d'importants gisements d'étain, encore mal connus.

[1] Cf. 1843. Jackson. Filons d'étain du New Hampshire. (*Rep. of amer. geol.*, 1843, p. 346.)

1867. Le minerai d'étain dans l'Amérique du Nord. (*Bull. Ann. d. M.*, 6e, t. XVIII, p. 572.)

1879. Raymond. — Sur l'étain du Missouri Sud. (*Engin. and. min. J.*, t. XXVIII, p. 240.)

1886-1890. — *Mineral resources of the United States.*

## ÉTAIN FILONIEN DE MALACCA

Nous aurons à décrire plus loin, en détail, les alluvions stannifères de la presqu'île de Malacca. Il est intéressant de faire connaître, dès à présent, les filons dont elles dérivent.

Le premier gisement d'étain en filon [1], découvert dans la presqu'île de Malacca, l'a été en 1889, au lieu dit Mahlembû, état de Pérak, district de Krîsta. En 1890, on a découvert les filons de Guntang, Kekak, Kliang-Barû, Petai-Chabang-Pernibilan, et Cleydang.

Le premier a été reconnu par MM. Taylor, ingénieurs anglais, directeurs de Compagnies françaises qui exploitent des alluvions stannifères dans cette région. Tous les autres ont été explorés par M. Charles Trelvar, autre ingénieur anglais, au service d'une de ces Compagnies françaises (Compagnie des mines de Malacca).

Ces filons, sauf celui de Pétai, affleurent dans le calcaire ancien, probablement carbonifère, qui repose directement sur la granulite. Celui de Pétai affleure dans la granulite même. Ils sont groupés dans une zone de quelques kilomètres (une douzaine) du Sud au Nord.

Ils présentent les mêmes caractères dans le calcaire et dans la granulite, et leur ressemblance avec les filons du Cornwall est frappante. L'étain y est à l'état d'oxyde, soit en cristaux assez gros (jusqu'à la grosseur d'une fève), soit, le plus souvent, très finement disséminé dans une gangue de quartz, pyrite de fer et mispickel. Ces pyrites sont décomposées et oxydées à la surface. La pyrite cuivreuse est assez fréquente, mais, jusqu'à présent, ne paraît pas abondante (1 à 2 p. 100). Habituellement, l'oxyde d'étain est si fin et si intimement mélangé aux pyrites qu'il faut griller, puis laver ces minerais sulfureux pour le reconnaître.

Les affleurements dans le calcaire sont, à la surface, tant soit peu irréguliers, quoique nettement définis dans leur ensemble, et forment de nombreuses branches. Ils gagnent de la précision

[1] Note communiquée par M. Burthe, ingénieur civil des mines.

en profondeur. Le filon de Pétai, dans la granulite, est beaucoup plus régulier. On l'a suivi déjà sur 80 mètres de longueur sans interruption.

L'orientation est tantôt de 45° à l'Ouest et tantôt de 45° à l'Est du Nord magnétique. La première direction est à peu près parallèle à celle de la chaîne granulitique, sur le versant oriental de laquelle gisent les filons.

Ces filons sont puissants et riches, beaucoup plus riches que les alluvions. Leur épaisseur varie de 1 mètre à $1^{m},80$. Dans un puits foncé sur le filon de Mahlembû, le rendement en minerai lavé a été de 300 kilogrammes par mètre carré de filon. Cette mine a expédié en Europe plusieurs centaines de tonnes de minerai brut qui ont rendu à l'essai 10 p. 100 d'étain. Dans le filon de Pétai, on a trouvé des blocs d'oxyde d'étain presque pur, dont le poids dépassait 100 kilogrammes. On a enlevé, à ciel ouvert, une tranche de ce filon, mesurant 2 mètres de hauteur sur 35 mètres de longueur, qui tenait plus de 16 p. 100 de métal. Il faut dire que ce filon est le plus riche de ceux qu'on a trouvés jusqu'à ce jour.

Il est curieux que ces filons soient restés si longtemps méconnus. On est parvenu à les découvrir en partant de cette idée, suggérée par l'aspect des minerais d'alluvions, que ces minerais n'avaient pas été roulés très loin de leur gisement primitif, et qu'ils provenaient peut-être de crêtes de filons remaniés sur place par les eaux. Généralement les exploitations d'alluvions de Pérak s'arrêtent en profondeur à une couche d'argile blanche, dure, tenace, assez pauvre et très difficile à laver. On a traversé cette couche pour atteindre la roche sous-jacente en place et c'est là qu'on a vu les filons.

## ÉTAIN TERTIAIRE

### (TOSCANE, ILE D'ELBE, BOLIVIE, ETC.)

Nous avons insisté sur le rapprochement entre l'étain et la granulite dans la série ancienne. Ce rapprochement se retrouve avec

les éruptions granulitiques de la série tertiaire, quoique l'étain y soit beaucoup plus rare.

En Toscane, près de *Campiglia Maritima*[1], à Cento Camerelle, il existe un filon d'étain qui perce le terrain jurassique sous forme d'une veine verticale de $0^m,20$. Dans le gisement, l'oxyde de fer domine, et c'est en voulant exploiter ce minerai qu'on découvrit, en 1871, un certain nombre de boules de cassitérite.

Au voisinage, Blanchard, partant de cette idée que des restes d'excavations antiques avaient dû avoir pour but la recherche de l'étain, trouva également de la cassitérite (presque méconnaissable et semblable à une ocre rouge) à Monte Valerio, à la Cavina, etc. De 1876 à 1880, 134 tonnes de minerai d'étain furent extraites de la région.

De même, dans l'*île d'Elbe,* des échantillons de cassitérite ont été trouvés en relation avec les granulites tertiaires, et M. Daubrée a reconnu que cette granulite stannifère récente renfermait de la tourmaline, du mica lépidolithe et de l'émeraude.

En Amérique, l'étain entre dans le remplissage des gîtes si complexes du serro de *San-Luis-de-Potosi.* Il semble également falloir rapporter à une venue récente les gisements d'un type très spécial qu'on exploite aujourd'hui en Bolivie et dont la production atteint 1 000 tonnes de métal par an.

L'étain de Bolivie, généralement associé avec du bismuth, souvent avec de l'or, provient des mines de *Chorulque*, *Oruro*, *Tazna*, etc.[2]. Ces mines sont presqu'au sommet des Andes : Chorulque à 5 603 mètres, Tazna à 5 105 mètres. Les échantillons de Chorulque sont formés d'une masse d'oxyde d'étain brun clair à grain fin avec pyrite.

Il existe, paraît-il, des bancs stannifères presque horizontaux ayant jusqu'à $1^m,50$ de puissance.

A Tazna, l'étain est en petites quantités dans des filons riches en sulfures de bismuth qui traversent des schistes, grauwackes, etc...

[1] Coll. *École des Mines*, 1629.

[2] Nous y reviendrons, page 165, au chapitre du *Bismuth*.

*Bibliographie.*

1876. F. Blanchard. — Sulla scoperta della casitéritea *Campiglia Marittima* (*Boll. del R. Com. geol. d'Italia*, t. VII, p. 52. Rome, et *Proc. Verb. ac. Lincei*, 6 fév. 1876.)

1878. Blanchard. — Sulle miniere di stagno in *Campiglia*. (*Atti della R. Accademia dei Lincei*, 3e série, Trausunti, t. II, nos 6 et 7. Rome, 1878.)

Charlon. *Ann. d. M.*, 7e série, t. IX, p. 119.

1880. V. Rath. — Vortr. u. Mitth. Bonn (sur la Bolivie).

1882. Lapparent. — P. 1177.

1881. d'Achiardi. — II, p. 529 et 551.

## ALLUVIONS STANNIFÈRES

Les alluvions stannifères, dont il nous reste à parler, sont, de beaucoup, la source la plus importante de l'étain ; car c'est sous cette forme qu'on exploite l'étain des Détroits, d'Australie, de la Chine, etc. L'étain, provenant de granulites, greisens ou filons stannifères, s'est concentré, par suite de sa densité beaucoup plus forte que celle du quartz et du feldspath, en couches de forme lenticulaire, plus ou moins étendues, au milieu des alluvions. Rarement, il a été emporté bien loin ; quelquefois même, comme nous l'avons vu plus haut, il est resté presque sur l'affleurement des filons ; cependant ce n'est pas en général au pied des montagnes granulitiques qu'on trouve les beaux gîtes d'étain : là les cristaux de cassitérite sont gros, mais ils sont peu abondants et irrégulièrement disséminés dans les graviers. Un peu plus loin, au contraire, généralement à 1 kilomètre à peu près des montagnes, les sables stannifères plus fins atteignent une régularité et une constance propices à l'exploitation.

### GITES DES DÉTROITS

(BANGKA, BILLITON, PÉRAK, ETC.[1])

Dans les îles de la Sonde et la presqu'île de Malacca, l'étain est particulièrement abondant ; on le trouve, du Nord au Sud, à

[1] Coll. *École des Mines*, 1520 et 1947.

Pérak et Malacca ; puis, dans les deux petites îles de Bangka et de Billiton, entre Sumatra et Bornéo ; à Bornéo même ; à Batavia, etc.

**Bangka.** — L'exploitation de *Bangka*, qui est la plus importante, date de 1710 ; la couche stannifère, de 1 mètre d'épaisseur, repose directement sur le fond de roches anciennes, granite, granulite et schistes métamorphiques et est recouverte par des sables et des argiles.

L'étain est particulièrement pur :

| Étain. | Fer. | Plomb. | Cuivre. |
|---|---|---|---|
| 99,961 | 0,019 | 0,014 | 0,006 |

Comme origine de cet étain d'alluvion, M. de Givot a découvert, en 1852, 3 filons d'étain où le minerai est disséminé dans un elvan. En 1854, M. Akkeringe a retrouvé, au voisinage, un filon d'étain avec tourmaline.

**Billiton.** — A *Billiton*, les minerais d'étain sont exploités depuis 1852. Pendant dix ans, la Compagnie, qui s'était formée pour leur mise en valeur, fit d'assez mauvaises affaires jusqu'au moment où elle fut secourue par le frère du roi de Hollande, Guillaume III. La production, qui était à peine de 40 tonnes en 1853, passa rapidement à près de 4 000 ; et, depuis l'origine jusqu'à 1891, les bénéfices réalisés ont dépassé vingt fois la valeur du capital engagé.

La concession, accordée en 1852, expire en 1892 et son renouvellement a donné lieu à de très vives discussions politiques.

**Pérak.** — Les exploitations de Pérak (Péninsule de Malacca), depuis moins longtemps connues que les précédents, ont été l'objet d'un rapport intéressant de M. Errington de la Croix qui nous permettra d'y insister davantage.

Le royaume de Pérak occupe, sur la côte occidentale de la presqu'île de Malacca, un peu au-dessous de Poulo-Pinang, une région comprise entre 3°3′ et 5°10′ de latitude Nord, par 99° de longitude Est.

Trois chaînes de montagnes (de 1 000 à 2 500 mètres), parallèles

à la mer, traversent le pays et dominent trois longues plaines arrosées par de nombreux cours d'eau dont le plus important est le Soungi Pérak (250 kilomètres), navigable pour les sampans malais, abordable seulement jusqu'à Dourian-Sabatang pour des navires de 600 tonneaux.

La géologie de la région est, en général, peu connue. Son ossature se résume en très peu de termes :

La granulite (peu de mica, tourmaline abondante), bien cristallisée dans la région basse et passant à l'état porphyroïde dans la montagne, forme presque tout le sol ou le sous-sol. Elle supporte de rares îlots de grès et de calcaire marbre (analogues, comme aspect, au calcaire du Tonkin). La masse de granulite est traversée par de très nombreux filons très ramifiés de quartz stannifère et quelquefois aurifère.

On trouve aussi de rares affleurements de schistes chloriteux et talcschistes.

Les terrains de transport contiennent, comme nous l'avons dit, les véritables gîtes d'étain, les filons n'ayant été que récemment travaillés.

Dans la plaine, le dépôt stannifère offre une assez grande régularité d'allure, mais non de richesse. On trouve, sous une couche d'épaisseur variable (3 mètres) de terre végétale et d'alluvions pauvres (argile, sable, gravier), une couche stannifère de 2 à 3 mètres d'épaisseur, reposant sur un sous-sol kaolineux d'épaisseur variable. Ce dernier est supporté par les roches en place (District de Larout).

Quelquefois (Djebong), toute l'épaisseur du terrain d'alluvions est stannifère, mais alors ce dépôt est très pauvre.

A *Pérak*, la couche stannifère est à $7^{m},55$ de la surface du sol; elle a $2^{m},25$ et contient beaucoup de quartz blanc.

Le maximum de richesse des alluvions de plaine ne se trouve guère, suivant une remarque générale précédemment faite, qu'à un kilomètre des montagnes. Près de celles-ci, on rencontre des grains d'étain plus gros, mais les gîtes sont d'une richesse moindre et moins régulière.

Les plus riches gisements sont au débouché, dans la plaine, des ravines qui sillonnent la montagne.

Voici les teneurs de diverses terres :

| | Etain |
|---|---|
| Kong Loon. . . . . | 0,93 p. 100. |
| Toualan Lengo . . . . . | 1,44 — |
| | 1,80 — |
| | 5,46 — |

Les points les plus exploités sont : au Nord, les territoires de Soungi-Kréan et Selama, sur la frontière de Keddah, la région de Larout, les deux régions du Haut et du Bas-Pérak et enfin celle de Soungi-Slim.

La teneur dépasse rarement 6 p. 100 et se tient à 1 p. 100 dans toute la vallée de Lahat.

L'*exploitation*, qui se fait à peu près partout de même dans la région des Détroits, comprend d'abord un débroussaillement exécuté à l'entreprise. Souvent, les bûcherons et charbonniers se contentent, pour salaire, du bois coupé. On leur verse presque toujours un surplus en argent. Le coût est :

| | | |
|---|---|---|
| Jungle faible, | l'hectare . . . . . | 30 fr. 00 |
| — forte, | — . . . . . | 51 10 |
| Forêt vierge, | — . . . . . | 69 70 |

Puis, on mène une tranchée à ciel ouvert, perpendiculaire à la longueur de l'amas stannifère reconnu, ou à l'axe de la vallée; on rejette les stériles par derrière, et on enlève le dépôt stannifère jusqu'à la surface du sol où il est lavé.

Le prix du déblai des stériles, enlevés par les coolies, peut être estimé, par mètre cube monté à 3 ou 4 mètres, à 0,65 à 0,75.

On compte, comme effet utile, 18 700 kilogrammètres par homme et par jour (au lieu de 56 000 en France).

Avec du minerai à 1 p. 100, pris à 6 mètres de la surface, les frais d'*extraction* (sans lavage) s'élèvent à 547 fr. 30 par tonne de minerai à 66 p. 100 de produit, auxquels il faut ajouter 29 francs pour l'épuisement, 28 pour le traitement mécanique. Le mètre cube de terre remuée, dans cette exploitation, coûte 5 fr. 75 ; la tonne de métal contenu revient, dans ces conditions, à 918 francs.

La main-d'œuvre est surtout fournie par la race chinoise, les Malais et Hindous travaillant peu.

Les coolies importés coûtent 6 à 800 francs de transport jusqu'à Pérak ; puis 1 200 francs par an ; les coolies libres, engagés dans le pays, coûtent environ 1 fr. 75 par jour et ne peuvent travailler que pendant 6 heures et demie.

On a tout avantage à employer ces derniers avec lesquels on a un meilleur travail et une plus grande sécurité contre les chances de désertion, de maladie ou de mort.

Voici un exemple de prix de revient :

| | | Par tonne d'étain | |
|---|---|---|---|
| Frais spéciaux et généraux | Abatage, extraction, épuisement. Fr. | 875,20 | |
| | Préparation mécanique. . . . . — | 42,40 | |
| | Traitement métallurgique . . . — | 228,00 | |
| | Affinage à Pinang. . . . . — | 4,60 | |
| | | 1 150,20 | 1 150,20 |
| Service financier | Amortissement du capital de premier établissement. . . . . — | 10,60 | |
| | Divers, extraction . . . . . — | 23,20 | |
| | | 33,80 | 33,80 |
| Divers | Transport à Pinang . . . . . — | 16,00 | |
| | Redevances à l'Etat. . . . . — | 320,00 | |
| | | 336,00 | 336,00 |
| | Total. . . . . — | | 1 520,00 |

Pérak a produit, en 1880, 8 000 tonnes dont 4 500 de Larout et 1 500 du Bas-Pérak.

## *Bibliographie.*

1865. Van Diest. — Bangka beschreven in Reistogen (traduit en anglais par le Neve Foster). Truro, 1887.

1879. E. Reyer. — *Banka und Billiton.* (In-12, 16 p. Vienne, 1879. *Oester. Zeits. Berg. und Hutt.*, t. XXVII.)

1879. P. Doyle. — On some Tin-deposits of the *Malaccan Peninsula.* (*Q. J. g. Soc. Lond.*, t. XXXV, p. 229. London, 1879.)

1882. Errington de la Croix. — Les mines d'étain de Pérak. (*Arch. des missions*, 3e série, t. IX.)

1883. d'Achiardi, t. II, p. 546.

DE MORGAN. — Carte de la vallée de *Pérak* (Malacca).

* 1886. J. DE MORGAN. — Note sur la géologie et sur l'industrie minière du royaume de Pérak et des pays voisins (Malacca). (*Ann. d. M.*, 8e série, t. IX, p. 368. Paris, 1886.)

TH. POSEWITZ. — Die Zinninseln im indischen Oceane. (*Mittheilungen aus dem Jahrbuch der K. ungar. geol. Anstalt*, t. VIII, p. 50. Budapest.)

ST. MEUNIER. — Examen chimique d'eau minérale provenant de *Malaisie;* minerai d'étain de formation actuelle. (C. R., t. CX, p. 1083.)

TH. POSEWITZ. — Geologie von *Bangka*. (*Mitheilungen der K. ung. geol. Anstalt.*, t. VII, p. 155. Budapest.

1888. ROEMER. — Ueber das Zinnstein Vorkommen auf *Banca* und *Billiton*. (*Jahresbericht der Schlesischen Gesellschaft für Vaterlandischen Cultur.*, t. LXVI. Breslau, 1888.)

* 1888. ERRINGTON DE LA CROIX. — Les mines d'étain de Selangor (presqu'île malaise) et les concessions d'Ayer Itain.

## ALLUVIONS STANNIFÈRES DIVERSES

### (AUSTRALIE, FRANCE, ETC.)

Nous signalerons quelques autres régions où l'étain est exploité en alluvions, en insistant surtout sur l'origine présumée de cet étain qui, pour les géologues, est particulièrement intéressante.

**Australie** [1]. — La colonie de *Victoria* renferme des gîtes d'étain avec quartz et greisen, situés dans le Sud de la province (comté de Mornington), dans les masses de granulite à grain fin de Beechenorth et de Bervick. L'exploitation, qui porte sur des alluvions stannifères, est encore restreinte.

Dans la *Nouvelle-Galles du Sud*, l'étain est associé à un greisen avec wolfram, beryl, topaze et tourmaline.

L'étain a été découvert, en 1871, au N.-E. de la rivière Macintyre. A travers une granulite à très grands cristaux d'orthose, existent des veines de pegmatite de $1^{m},50$ d'épaisseur contenant l'étain et passant parfois à une roche plus chargée de mica, analogue au greisen. Au voisinage de ces veines de quartz, la granulite est traversée par des veines d'une granulite formée, pour les trois quarts, de mica avec peu de quartz, qui renferme de l'étain. On exploite les alluvions

[1] Voir une carte au chapitre de l'*Or*.

provenant de ces filons. En 1876, l'extraction a été de 8 000 tonnes de minerai.

Au *Queensland*, la cassitérite, provenant de veines de quartz dans une granulite, est située près de Ballandale Head station. Elle est surtout accompagnée de mica blanc.

La découverte de l'étain remonte à 1872. Les exploitations se font surtout dans les alluvions, le long de la rivière Severn. La quantité d'étain exploitée a été, en 1878, de 6 000 tonnes.

### *Bibliographie.*

1871. Stephen. (*Geol. soc.*)

Liversidge. — Etain dans la Nouvelle-Galles du Sud.

Ulaich. — On some recent Tin ore discoveries in New South-Wales. (*Q. j. g. Soc. Lond.*, t. XXIX, p. 5.)

Gregory. — On the Discovery of tin in Queensland. (*Quarterly journ. of geol. Soc.*, vol. XXIX, h. 1.)

Brough Smith. — Gold fields, etc., of Victoria.

Report of the department of mines of New South-Wales.

*1883. d'Achiardi, t. II, p. 548.

1886. Herbert Cox. — Tin deposits of *New South-Wales*. (*Journal and proceedings of the royal Society of New South-Wales*, vol. XX, p. 93, 1886.)

1884. Groddeck.

Zur Kenntniss der Zinnerzlagerstatten des Mount Bischoff in *Tasmanien*. (*Zeitsch. der D. geol. Gesellschaft*, t. XXXVIII, p. 370.)

1889. Davies, p. 187.

**France.** — Nous avons dit, en passant, un mot des alluvions du Cornwall; en France, il existe de semblables alluvions sur les côtes de Bretagne.

A *Piriac*, l'étain apparaît dans un gneiss kaolinisé avec zircon, spinelle, tourmaline et émeraude.

A l'embouchure de la Vilaine, on a exploité des sables stannifères qui se rattachent peut-être à ces gisements.

### *Bibliographie générale de l'étain.*

*1841. Daubrée. — Mém. sur le gisement, la constit. et l'origine des minerais d'étain. (*Ann. d. M.*, 3e, t. XX, p. 65 — 1849; — *Ann. d. M.*, 4e, t. XVI, p. 29; — *Géol. expérim.*, p. 29.)

1881. Dufrénoy. Sur l'histoire de la production et du commerce de l'étain. (*Ann. du génie civil.*)

1883. d'Achiardi, t. II, p. 522 à 559.

1884. Foullon. — Uber die Zinnerze. (*V. d. KK. geol. R. in Wien.*, t. XXXIV. p. 144.)

1884. G. Bapst. — Etudes sur l'étain. (V. Masson.)

1886. Foullon. — Uber kristallisirtes Zinn. (*V. d. KK. geol. R.*, t. XXXIV, n° 2, p. 367.)

188 . Reilly. — Sur les gisements de l'étain au point de vue géologique. (C. R., t. CIV, p. 606. Paris, 188 .)

1887. Posewitz. — Das Zinn Vorkommen auf den Inseln des Riouw-Lingga-Archipel. (*Dr Petermanns Mittheilungen*, t. XXXIII, Gotha, 1887.)

# BISMUTH

Bi ; Eq = 106,43 ; P. at = 210.

**Historique.** — Confondu pendant longtemps avec le plomb et l'étain, le bismuth était connu des anciens chimistes. Stahl et Dufay démontrèrent qu'il se sépare nettement de ces deux métaux.

**Propriétés.** — Le bismuth se rapproche, par ses propriétés, de l'antimoine ; sa fusibilité est très grande ; on connaît les expériences par lesquelles on montre son augmentation de volume en se solidifiant, son diamagnétisme, etc.

**Usages.** — Le bismuth a quelques usages industriels, en particulier à l'état d'alliage. Ses combinaisons avec d'autres métaux sont remarquables par leur fusibilité. L'alliage fusible le plus anciennement connu est celui de Newton (8 de bismuth, 5 de plomb, 3 d'étain) ; il fond à 94°,5. L'alliage fusible proprement dit ou alliage de Darcet est formé de 2 parties de bismuth, 1 de plomb et 1 d'étain. On se sert de ces alliages pour clicher des médailles ; on en a fait aussi des rondelles fusibles pour les soupapes de sûreté de machines à vapeur.

En outre, on utilise quelques-uns de ses sels. Le chlorure de bismuth forme le blanc de fard appelé blanc de perle et entre dans la confection de la cire à cacheter. Le sous-nitrate de bismuth a également des applications dans la préparation des fards et en médecine, etc.

Pendant longtemps, la Saxe a eu le monopole de la production

du bismuth (50 tonnes en 1877 ; 68 en 1881). Aussi le prix du métal a-t-il été, à diverses époques, soumis à des fluctuations considérables ; après avoir valu 11 francs, il s'éleva, en 1869, jusqu'à 55 francs le kilogramme et, pendant la guerre de 1870, fut presque introuvable, même pour les usages médicaux. Depuis, le prix a baissé par suite de la mise en valeur de mines de bismuth en Bolivie et en Australie. En 1888, l'Australie a fourni 18 tonnes de ce métal à 5 fr. 50 le kilogramme.

**Minerais.** — Le bismuth se présente surtout dans la nature à l'état natif ; il est alors rarement pur ; le plus souvent, il contient une certaine proportion d'arsenic ; on l'a, en outre, observé allié à du tellure, du sélénium et du soufre. Il forme généralement, non pas des cristaux nets, mais des ramifications palmées que les anciens minéralogistes appelaient tricotis.

Le bismuth oxydé (bismuthocre) n'est qu'un enduit superficiel jaunâtre dans les mines de bismuth.

Le bismuth sulfuré ou bismuthine ($Bi^2 S^3$) est d'un gris de plomb : il forme des baguettes analogues à celles de la stibine, mais fusibles à la bougie ; on le trouve à Schneeberg et à Bastnaes.

En outre, il existe un bismuth argentifère, un bismuth cuprifère (wittichénite), un bismuth sulfuré plombocuprifère (nadelerz) trouvé dans un quartz aurifère de Sibérie, un bismuth tellurifère ou bornine, un carbonate (bismuthite) et un silicate (eulytine).

## GISEMENTS. — GÉNÉRALITÉS

Les gisements de bismuth, connus jusqu'ici, se trouvent exclusivement dans des roches de formation ancienne, tantôt sous forme de filons de fracture, comme en Saxe, tantôt sous forme d'amas de contact, comme dans le Banat.

Des filons de ce genre ont été trouvés, recoupant le granite à Meymac (France) et à Wittichen (Forêt Noire) ; le gneiss et les schistes cristallins dans l'Erzgebirge ; les schistes en Bolivie.

Les minerais de bismuth sont toujours associés à d'autres minéraux en grand nombre, et on obtient, le plus généralement, le

bismuth comme produit accessoire dans des exploitations portant sur des métaux différents.

Tantôt, et c'est le cas le plus fréquent, les minerais de bismuth sont réunis à des minerais d'argent, de plomb, de nickel et de cobalt, comme à Schneeberg, à Joachimsthal, etc.; tantôt c'est à l'or, comme à Rezbanya, etc... On les trouve avec le fer, le cuivre et l'étain à Cobar, à Chorulque en Bolivie; avec l'étain en Bohême, en Tasmanie, etc. Le tungstène, l'arsenic et le molybdène se rencontrent également fréquemment avec le bismuth.

Les gangues des minerais de bismuth sont, en général, les mêmes que pour les autres métaux : le quartz et, plus rarement, la calcite, la barytine.

## I. — GITES DE BISMUTH D'EUROPE

**A. Gites de France.** — Le bismuth a été trouvé à Poullaouen et dans les Pyrénées; mais il n'a été exploité en France qu'à Meymac (Corrèze).

*Gisement de Meymac*[1]. — Ce gîte de Meymac, signalé en 1867 par M. Carnot, ingénieur en chef des mines, est situé au Sud et sur l'une des ramifications de la chaîne granitique qui sépare les bassins de la Vienne et de la Creuse de celui de la Dordogne et de ses affluents. Le sol de la montagne, où ont été commencés les travaux, est formé d'un granite porphyroïde, à mica noir et à grands cristaux de feldspath, renfermant des nids de tourmaline radiée; le granite est peu solide et profondément raviné par les eaux.

Dans le granite, court un filon quartzeux de puissance variable, quelquefois de plusieurs mètres, qui contenait, aux affleurements, du wolfram, du mispickel avec quelques minéraux arseniatés et phosphatés, mais qui, en profondeur, s'est chargé de minerais de bismuth.

Ces minerais sont : le bismuth natif, le bismuth sulfuré, le

[1] Coll. *Ecole des Mines*, 1959.

bismuth oxydé et hydrocarbonaté. Avec le bismuth, se trouvent, outre le wolfram et le mispickel, la pyrite et l'oxyde de fer hydraté. Quelques minéraux de plomb, le carbonate, le sulfate, le chlorophosphate et le molybdate s'y sont également rencontrés. Les seuls minerais de bismuth qui y soient en quantité importante sont l'oxyde et l'hydrocarbonate. Dans les parties hautes, les minerais de bismuth tiennent un peu d'arsenic, d'antimoine, de plomb, de cuivre, de fer, etc., et, par contre, les minerais des autres métaux contiennent tous du bismuth ; le mispickel, entre autres, renferme de 1,62 à 6,58 p. 100 de bismuth.

D'après M. Carnot, le bismuth natif de Meymac tient :

| Bi. | As. | Sb. | Pb. | Fe. | S. |
|---|---|---|---|---|---|
| 99,00 | 0,09 | 0,15 | 0,41 | 0,10 | 0,06 |

Meymac est abandonné aujourd'hui.

*B.* **Gîtes d'Allemagne.** — Les premières mines d'Europe qui fournirent du bismuth et furent, pendant longtemps, les seules à en produire sont en *Saxe*, à *Schneeberg*, *Annaberg*, *Altenberg*, *Johanngeorgenstadt*, etc.[1] :

α. *Schneeberg*, *Annaberg*, *Johanngeorgenstadt*. — Sans entrer dans le détail, rappelons seulement que, sur le flanc méridional de l'Erzebirge, sont des filons contenant de l'argent, du cobalt, de l'urane, du bismuth, etc., dont nous reparlerons, en étudiant Freiberg et le Harz; ces filons traversent des roches anciennes : le bismuth natif domine et est accompagné de bismuthine, bismuthite, etc. Les mines les plus abondantes en bismuth sont à Schneeberg et à Johanngeorgenstadt. A Schneeberg, le bismuth se trouve dans des filons cobaltifères rattachés à la formation sulfurée récente.

Les autres mines bismuthifères d'Allemagne sont incomparablement moins riches; on peut citer néanmoins celles de *Wittichen* et *Sulzbach* dans la Forêt Noire :

β. A *Wittichen*, le bismuth se rencontre dans un filon d'argent et de cobalt qui traverse le granite.

γ. *Schutzbach*. — Plus au Nord, près de *Schutzbach*, dans le

[1] Voir la carte géologique, pl. II, au chapitre du *Plomb*. — Nous empruntons à d'Achiardi une grande partie des renseignements suivants sur le bismuth.

pays de Siegen, on trouve le bismuth associé à des sulfures de nickel, fer et cuivre, dans des roches dévoniennes.

La production du bismuth dans les neuf mines de Saxe, où on l'obtient comme produit secondaire, a été :

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| En 1877 de | 50t. | 63 | valant | 366 954 | francs. |
| 1878 — | 69 | 05 | — | 283 258 | — |
| 1879 — | 213 | 58 | — | 614 989 | — |
| 1880 — | 76 | 28 | — | 297 903 | — |
| 1881 — | 67 | 95 | — | 303 354 | — |

*C.* **Gîtes d'Autriche-Hongrie.** — α. *Erzgebirge.* — Sur le flanc méridional de l'Erzgebirge, se répètent les mêmes conditions de gisement que sur le flanc septentrional; aussi trouve-t-on le bismuth dans des filons argentifères (Prokopi, Hauer, etc.), près de Joachimsthal et dans des gîtes stannifères.

On rencontre également du bismuth dans quelques gîtes de Styrie, de Carinthie et de Salzburg, et, en particulier, au Banat, en Transylvanie.

β). *Cava Theresia* (*Banat*). — Les amas métallifères et bismuthifères de *Cava Theresia*, près de Cziklova, dans le Banat, sont au contact de deux roches, l'une calcaire, l'autre syénitique.

γ). *Rezbanya* (*Transylvanie*). — Dans les mines d'or et d'argent de *Rezbanya*, les métaux précieux sont à l'état de tellurures, et ces tellurures d'or et d'argent sont associés à beaucoup d'autres tellurures; entre autres, aux tullurures de bismuth.

De toutes ces mines, les seules qui produisent une certaine quantité de bismuth sont celles de Bohême, qui étaient au nombre de six en 1870, mais dont la production varie beaucoup d'une année à l'autre.

**D. Suède et Norvège.** — La Suède possède des mines de bismuth, près de Falun. La Norvège a les mines de *Modum* et *Gzellebach.*

**Bléka.** — Un gisement intéressant, situé à *Bléka* (ou Svartdal)[1], au Nord-Est de Mogen, dans le Sud de la Norvège, appartient à la

[1] Description par Vogt : Norske erstfore Komster. — Coll. *École des Mines*, 1958.

Société française des phosphates d'Oddegaarden [1]. En ce point, il existe des schistes anciens, très fortement et inégalement imprégnés de pyrite, que recoupent des filons contenant un peu de bismuth sulfuré et d'or natif [2] avec du quartz, des pyrites de cuivre et de fer et de la galène accessoire. On a cru remarquer, par un phénomène analogue à celui que nous signalerons à Kongsberg, que deux colonnes d'enrichissement en or, constatées dans les filons, correspondaient à une abondance plus grande de pyrite dans les schistes recoupés.

La mine a été peu exploitée, jusqu'ici, par suite des difficultés du traitement d'un minerai assez pauvre, en un point où le coke, nécessaire à la fusion, ne peut être apporté qu'à grands frais. Un canal en construction d'Ullfos à Strengen, mettant Strengen en relation avec la mer, amènera peut-être un peu plus d'activité dans cette industrie.

**E. Iles Britanniques.** — Sans parler des gîtes insignifiants disséminés çà et là dans le Devonshire et le Cumberland, on peut citer les deux mines de *East Pool* et *Illogan*, en Cornwall, qui sont, l'une une mine d'étain, l'autre de cuivre, et ont donné, en 1878, environ 400 kilogrammes de bismuth. La production anglaise du bismuth est insignifiante ; elle dépasse rarement une tonne et a même été moindre dans ces dernières années.

## II. — GÎTES DE BISMUTH EN AMÉRIQUE [3]

**A. Chili.** — Au Chili, les mines de *San Antonio del Potrero Grande* abondent en minerais de bismuth ; on y a trouvé du bismuth natif, de la chilénite, etc... et des minerais d'autres métaux tenant un peu de bismuth.

**B. Pérou.** — Au Pérou, la mine *Mathilde* près de Morococa, con-

[1] Voir tome I, page 329.

[2] L'association du bismuth et de l'or est fréquente comme celle de l'étain et de l'or, de l'or et de l'antimoine. Voir plus haut, p. 163, à Rezbanya; plus loin, p. 166, aux États-Unis ; p. 167, en Australie, etc.

[3] Coll. *Ecole des Mines*, nos 1804 et 1943.

tient du bismuth. C'est de là que provient l'espèce minérale décrite par Rammesberg sous le nom de Mathildite.

**C. Bolivie (Chorulque, Oruro).** — Les mines de Bolivie, entrées assez récemment en lice, sont aujourd'hui les plus productives en bismuth de toute l'Amérique du Sud et même, on peut le dire, du monde. Les principales mines sont celles de *Chorulque*, *Oruro*, *Tazna*, et celles des environs de Sorata, *Guaiana-Potosi*, etc... ; le bismuth y a été trouvé associé à des minerais d'étain [1], et aussi d'or et d'argent.

Les mines de Bolivie sont presque au sommet des Andes ; la mine de Chorulque est à une hauteur de 5 603 mètres, et celle de Tazna, distante de celle-ci de 40 kilomètres au Sud-Est, s'élève à 5105 mètres. Ce sont surtout ces deux mines qui envoient en Europe une grande quantité de minerai. Celui-ci consiste en un mélange de plusieurs espèces, entre autres de sulfures de cuivre et de fer, contenues dans une gangue quartzeuse ; cette gangue mise à part, ces minerais tiennent, d'après Valenciennes, dans 100 parties :

| | | |
|---|---|---|
| Bismuth. . . . . | de 22,80 | à 30,05 |
| Fer. . . . . | 10,20 | 16,90 |
| Soufre. . . . . | 9,50 | 12,15 |
| Antimoine, argent, plomb. . . . . | | Traces. |

La présence du cuivre et du fer, au lieu du plomb et de l'argent comme en Saxe, rend ces minerais américains de qualité supérieure, parce que la séparation de ces métaux est plus facile.

Aux environs de *Tazna*, d'après Forbes, il existe un grand développement de roches dévoniennes, que traversent des porphyres verts, dont la plus large étendue est atteinte aux *Cerros* de *Chorulque* et de *Espiritu-Santo*. Dans ces porphyres et dans les roches qui les traversent, principalement dans les schistes, et à leur contact, courent des filons de diverse puissance.

Au *Cerro de Chorulque*, on trouve, dans les porphyres, comme gangue, du quartz, de la barytine et de la sidérose ; comme mine-

[1] Voir plus haut à l'*Étain*, page 150.

rais métalliques, outre du bismuth natif, de la bismuthine qui prédomine et dans les filons plus riches, de la chalcopyrite, de la blende, de la galène et de la tétraédrite (cuivre gris).

Sur le mont *Tazna*, au contraire, des filons riches en bismuth, de près de 1 mètre de puissance, apparaissent dans des schistes, et plus rarement, comme sur le flanc méridional, dans des grauwackes anciennes. Les sulfures de bismuth y dominent ainsi que les produits de leur altération ; on y a découvert beaucoup de nouvelles espèces minérales, la daubréite, la taznite, etc...

Les filons de Tazna contiennent également un peu d'étain.

**D. Mexique.** — On a trouvé des minerais de bismuth, entre autres la *frenzelite* et la *silaonite*, dans les mines de *Guanajato*.

**E. Etats-Unis.** — On rencontre aux Etats-Unis le bismuth associé à l'or et au tellure.

C'est surtout dans les États orientaux qu'on connaît le bismuth. Il existe à l'état de minerai telluré (tétradimite, etc...) dans les mines de Virginie (*Monroe*, *Tellurium*, etc...), de Géorgie et de la Caroline septentrionale ; à l'état de bismuth natif et de bismuth sulfuré dans le district de Cesterfield dans la Caroline méridionale. Dans d'autres mines, il est uni au tungstène, comme dans la mine de *Lane* au Connecticut.

Les mines des Etats occidentaux ont fourni plusieurs espèces minérales nouvelles de bismuth (scirmérite, alascite, etc...); elles sont situées au Colorado, dans l'Utah et le Montana.

Au Colorado, on trouve les mines de bismuth à l'état de filons puissants, dans le porphyre habituellement, quelquefois dans le calcaire silurien, comme près d'Ouray, ou d'autres roches.

## III. — GÎTES D'AUSTRALIE

**A. Queensland.** — On a trouvé, à Cloncurry, du bismuth renfermant des mouches d'or.

**B. Nouvelle-Galles du Sud.** — On exploite le bismuth, tantôt dans des alluvions stannifères, comme dans la Nouvelle-Angleterre; tantôt en filons, comme à Silent-Grove, The Gulf, Glen-Innes, Elsmore, Tenterfield et Adelong. Les minerais consistent en bismuth natif et carbonate et en autres composés de ce métal, qui accompagnent le molybdène et l'or, comme à Tenterfield, dans le comté de Clive (minerais à 60,09 p. 100 de bismuth), ou le cuivre comme à Cobar, dans le comté de Robinson (minerais de 2,11 à 2,58 p. 100 de bismuth).

Cette colonie a produit 4 tonnes et demie en 1881 ; 18 tonnes en 1888.

**C. Tasmanie.** — Dans la région stannifère du mont Ramsay, il existe de grands et riches filons de 6 à 12 mètres de puissance, contenant du bismuth associé au wolfram.

### *Bibliographie du bismuth.*

1850. Daubrée. — Sur la présence du bismuth natif dans le minerai de fer de Framont (Vosges). (*B. S. G.*, 2e, t. VII, p. 352.)

1874. Métallurgie du bismuth. (*Ann. ch. et phys.*, 1874, t. V, p. 1, 397.)

* 1874. Carnot. — Découverte d'un gisement de bism. en France. (*Ann. ch. phys.*, 1874 et C. R., 19 janvier 1874, *Ann. d. M.*, 1878.)

1874. Valenciennes. — Métallurgie du bismuth. (*Ann. Ch. et Phys.*)

1875. Wintle. — Stannif. dep. of *Tasmania*, p. 92.

1876. Domeyko. — Gisements de bismuth au Chili. (*Ann. d. M.*, 1876, p. 7, 10, 15.)

1877. Sur les minéraux du bismuth de Bolivie, Pérou et Chili. (Comptes rendus, 1877.)

1877. Uber das Vorkommen von Wismuth und Zinnstein auf Tasmanien. (*Bonn. Naturhist. Ver.*, 4e série, t. VII, p. 63.)

1879. Roscoe et Schorlemmery. — (*Chemistry*, 1879.)

1881. Bismuth du *Queensland*. (*Mining. Journ.*, 1442.)

1882. Harrie Wood. — Miner. prod. of *New South Wales*, p. 32.

1882. Liversidge. — Miner. *N. S. Wales*.

* 1883. Antonio d'Achiardi. — I metalli, loro minerati e miniere, vol. II, p. 599 à 604.

Godefroy. — (*Encyclopédie chimique*, t. III, 13e cahier, 1re partie.)

1884. V. Foullon. — Ueber Zinnerze und gediegenen Wismuth. (*Verhandlungen der KK. geologischen Reichsanstalt*, t. XXXIV, p. 144. Vienne, 1884.)

1889. Davies. — Metall. min. and miner., p. 285.

# TUNGSTÈNE

Tu ou Wo ; Eq = 92 — P. at = 184.

**Historique.** — Le tungstène se rencontre surtout dans la nature à l'état de tungstate de chaux ou *schéelite* et de tungstate de fer et manganèse ou *wolfram*. Scheele, en 1782, démontra, dans le premier minéral, l'existence d'un acide particulier auquel il donna le nom d'acide tungstique ; les frères d'Elhuyart le retirèrent ensuite du wolfram et le réduisirent à l'état métallique. Le mot de tungstène vient de tungstein (pierre pesante), nom donné d'abord à la schéelite.

Les *affinités chimiques* du tungstène le rapprochent surtout du molybdène, du chrome et, jusqu'à un certain point, de l'uranium. Il fait partie de la classe des métaux acidifiables, intermédiaires entre les métalloïdes et les métaux proprement dits. Minéralogiquement, le wolfram se rattache au groupe des minéraux associés à la cassitérite.

**Usages.** — Le tungstène est, depuis longtemps, employé en assez forte proportion dans la fabrication de l'acier, en particulier pour l'artillerie, et cet emploi n'est restreint que par la rareté du métal lui-même, très demandé dans les usines métallurgiques. On sait combien l'addition de certaines matières, en doses presque infinitésimales, est entrée dans la pratique courante pour modifier la qualité du fer, de la fonte ou de l'acier. A côté du phosphore et du soufre, qui sont nuisibles, le carbone, le silicium, le titane, le chrome, le tungstène peuvent, suivant les cas, donner tel ou tel avantage : le tungstène prête surtout de la ténacité.

Dans une série d'essais faits par le capitaine Caron, l'addition de tunsgtène réduit à la fonte (1/8 à 1 p. 100 de tungstène) a augmenté la dureté et la ténacité du métal proportionnellement au poids de tungstène introduit ; le grain de la fonte était régulier, fin, homogène.

Des essais de fonte ont donnés les résultats suivants :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Fonte pure (à 3 cent. d'eq), rupture. . . . . | 3 735 | kg,00 | |
| — à 8,80 p. 100 de tungstène, cubilot chaud . . | 5 413 | 87 | |
| — à 7,8 — — froid. . . | 6 689 | 5 | |

Mais c'est surtout dans le cas de l'acier que le tungstène, à doses très faibles, accroît la dureté et la ténacité. On a reconnu que les véritables damas renfermaient du tungstène et l'on a reproduit l'acier Wootz en fondant des aciers avec des wolframs.

Au cubilot, la proportion de wolfram absorbée est plus forte qu'au réverbère dans les proportions suivantes :

| Cubilot | Reverbère. |
|---|---|
| 8,2 | 2,4 |
| 10,4 | 4,0 |

une proportion de 4 à 6 p. 100 de tungstène est celle qui donne les meilleurs résultats au point de vue de la ténacité. Au delà de 3 1/2 p. 100, la dureté de l'acier augmente seule.

Des rails au Bessemer à 1/2 p. 100 de tungstène ont donné, sous un mouton de 300 kilogrammes tombant de :

| | |
|---|---|
| 1 mètre, une flèche de . . . . . | 2 |
| 2 — — . . . . . | 6 |
| 2m,50, — . . . . . | 12 |
| 3 mètres, — . . . . . | 18 |
| 4 — — . . . . . | 26 |
| 4 — — . . . . . | rupture. |

Cette influence du tungstène sur l'acier et le fer paraît tenir à ce qu'il neutralise le phosphore, le soufre et l'arsenic contenus, en se combinant chimiquement avec eux. Dans la fonte, il se réduit aux dépens du carbone et communique, plus ou moins, au métal la nature de l'acier.

En résumé, on ajoute le tungstène à l'acier puddlé, à l'acier au creuset, à l'acier au Bessemer, sous forme, soit de tungstène,

soit de wolfram, soit de ferro-wolfram, soit encore de tungstate de chaux. Le commerce[1] fournit : le tungstène à 93 p. 100 de métal ; les ferro-wolfram à 30, 40 ou 50 p. 100, et le minerai de wolfram en poudre.

On s'est également servi, à Imphy, de briquettes de tungstène de chaux, chargées par couches alternatives, avec le coke et la fonte et remplaçant le spiegeleisen.

Indépendamment de cette application principale, le tunsgtène entre, en outre, dans certains bronzes ou laitons, qui deviennent ainsi plus durs et susceptibles d'un beau poli ; avec l'étain et le nickel, on obtient également des alliages d'un bel éclat argenté.

Enfin l'on en tire encore certains produits chimiques, parmi lesquels nous citerons seulement le tungstate de soude utilisé pour rendre les étoffes incombustibles et le tungstate de baryte qui donne une belle couleur blanche (wolfram weiss), supérieure, dit-on, à la céruse.

Les prix des produits du tungstène sont les suivants :

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Minerai de tungstène | 7/16 | p. 100. . . | 200 | francs les | 100 kilogrammes. |
| Ferro-tungstène | 40 | — . . | 400 | — | — |
| — | 80 | — . . | 900 | — | — |
| Tungstène métallique | 95 | — . . | 650 | — | — |
| Tungstate de soude | — | — . . | 225 | — | — |

Le tungstène, qu'on trouve dans le commerce, provient, en grande partie, des mines d'étain du Cornwall. Ce pays a fourni, en 1888, 61 tonnes de minerai comptées à 672 francs par le service de la statistique. On peut également citer, comme usines en produisant, l'usine Biermann à Hanovre, qui a, un moment, traité quelques minerais français et l'usine de Roswein en Saxe.

Les usines consommant du tungstène sont, au contraire, assez nombreuses ; en France, on peut citer Saint-Chamond, l'aciérie Hœltzer, etc., en Amérique, les usines de Philadelphie, New-York, Pittsbourg, etc..,

**Minerais.** — Les minerais de wolfram, recherchés en raison de ces diverses applications, sont fort rares.

Ils se présentent sous deux formes : tungstate de manganèse et

[1] Biermann Metall Industrie à Hannover, etc.

de fer ou *wolfram;* tungstate de chaux ou *schéelite*, le premier formant seul, en Europe, des gisements industriels exploitables, tandis que la schéelite apparaît comme un produit d'altération superficiel.

Le wolfram et la schéelite, le wolfram surtout, accompagnent habituellement, en petites quantités, les minérais d'étain ; aussi, une assez forte proportion du tungstène, que l'on utilise dans l'industrie, provient-elle du traitement des minerais d'étain, particulièrement en Cornwall. Ce tungstène est généralement vendu sous la forme de tungstate de soude et est obtenu par grillage au réverbère des minerais d'étain additionnés de sulfate de soude. Le grillage élimine le soufre et l'arsenic du mispickel. Après quoi, on bocarde et on soumet à des courants d'eau qui dissolvent le tungstate produit.

Depuis que le tungstène a pris de la valeur, on a, en outre, repris, pour y chercher le wolfram, diverses mines d'étain abandonnées, soit en Cornwall, soit en Saxe ; le plus souvent, ces travaux ne consistent qu'en un triage des anciennes haldes et donnent, par suite, des quantités restreintes de minerai. Tel est le cas à *East-Pole*, district de Redruth, en Cornwall où l'on a produit 55 tonnes de wolfram en 1881 ; tel est le cas aussi à *Zinnwald* en Saxe, où l'on recherche, en même temps, les minerais lithinifères. On peut citer, encore, comme mines de wolfram à l'étranger :

En Cornwall : Truro, Saint-Austell, Tavistock ; dans l'Erzgebirge saxon, Altenberg, Graupen, Geyer ; en Bohême, Schlaggenwald.

Le Plateau central français contient quelques gisements de wolfram qu'on a essayé à diverses reprises d'exploiter, mais qu'on a été obligé d'abandonner, par suite, semble-t-il, du manque de minerai.

Le principal est celui de *Saint-Léonard*, en Limousin, où, par extraordinaire, le wolfram était l'élément essentiel du filon, l'étain oxydé ne se montrant qu'en échantillons rares. Découvert en 1795, ce gîte fut, vers 1809, l'objet de quelques recherches faites par l'administration des mines, sous la direction de M. de Cessac. Il consiste essentiellement en un filon quartzeux, assez irrégulier, de direction N.-E. intercalé au milieu du granite. On y trouve, en assez grande abondance, le wolfram lamel-

leux associé à du mispickel. On y a, en outre, signalé le bismuth natif, la barytine, les arseniates de cuivre et de fer, la schéelite et la cassitérite ; enfin les pyrites y contiennent des traces d'or.

A *Mondelisse*, entre Limoges et Saint-Léonard, à *Nepoulas* entre Beaune et Chanteloube, toujours dans la Haute-Vienne ; au Nord de *Bourganeuf* (Creuse), M. Mallard, dans son Mémoire sur les gisements stannifères du Limousin [1], a signalé la présence du wolfram et de la schéelite. Les célèbres carrières de *Chanteloube*, près Limoges, contiennent également, avec les cristaux d'émeraude connus, du wolfram tantalifère, de la tantalite, de la cassitérite, de l'apatite, des manganèses phosphatés, etc., au milieu d'une pegmatite.

Les filons d'étain, inexploités, de *Vaulry* et *Cieux*, dans la même région, renferment, de même, un peu de wolfram ; ainsi que les filons, quelque temps exploités pour bismuth, de *Meymac* (Corrèze) [2] ; mais aucun de ces gisements n'a paru, jusqu'ici, susceptible de donner, comme mine de wolfram, des résultats fructueux. La seule mine de France, où l'on ait tenté récemment quelques travaux pour chercher le wolfram, est *Puy-des-Vignes*, dans la Haute-Vienne, reprise en 1884 et 1885, abandonnée de nouveau en 1886.

Le quartz, qui contient des cristaux de wolfram disséminés, y a un éclat gras caractéristique de tous les gisements de wolfram.

Cette mine de Puy-les-Vignes a cela de particulier, comme celle de Saint-Léonard, que le wolfram s'y trouve sans étain, dans un filon de quartz.

En 1884, elle a fourni 13 tonnes de wolfram, comptées, pour les redevances, à 1 162 francs la tonne sur le carreau de la mine ; valant, par suite, 15 000 francs ; en 1885, 10 tonnes à 1 200 francs, représentant 12 000 francs. Ces minerais ont été expédiés pour être traités à Hanovre après avoir simplement subi un triage et un broyage avec une réduction en creusets brasqués.

En dehors de l'Europe, l'Amérique du Nord, très pauvre, comme on sait, en minerais d'étain, n'en contient pas non plus de tungstène.

[1] *Ann. d. M.*, 1865.

[2] Voir plus haut, page 161.

Au contraire, l'*Australie* renferme, dans la Grande Cordillère de Victoria, dans la Nouvelle-Galles du Sud et le Queensland, des gîtes d'étain très importants, découverts vers 1870, où, comme dans la plupart des gîtes d'étain, le wolfram intervient comme élément accessoire.

En *Nouvelle-Zélande*, on cite les filons de schéelite de Waipori et du lac Wakatipu.

Dans la presqu'île de *Malacca*, il semblerait exister des filons du même genre : M. Ernest Carnot a rapporté, en effet, en 1892, de la fonderie de Singapour qui traite les minerais d'étain de ce pays, un fragment de schéelite assez volumineux, semblant avoir été détaché d'une masse.

### *Bibliographie.*

1852. Carrière. — Sur la découverte de la schéelite dans le gîte de Framont (Vosges). (*B. S. G.*, 2e, t. X, p. 15.)

1860. Allgaud. — Aperçu géologique et minéralogique sur le département de la Haute-Vienne, 1860.

1872. Caron. — Des effets produits par l'introduction du tungstène dans la fabrication du bronze et de la fonte. (*Ann. de chim. et phys.*, (3), t, LXVIII, p. 143, 1863.)

1863. Le Guen. — Amélioration des fontes par l'addition du Wolfram. (*Ann. de chim. et phys.*, (3), t. LXIX, p. 280.)

*1865. Mallard. — Sur les gisements stannifères du Limousin, p. 338. (*Am. d. M.*, 6e, t. X, p. 321.)

*1874. Carnot. — Sur quelques minéraux de bismuth et tungstène de Meymac (Corrèze). (C. R., t. LXXIX, p. 302, 477, 637.)

1877. Silliman. — On an association of gold with Scheelite in Idaho. (*Ann. j. of Sc. and arts*, 3e, t. XIII, p. 451.)

1880. Philipps et Schwebel. — Sur le bronze de tungstène. (*Deut. Chem. gesell.* t. XII, p. 2234, et *Bull. de la Soc. chimique*, t. XXXIV, p. 453.)

1882. Philipps. — Sur le bronze de tungstène. (*Bull. de la Soc. chim.*, t. XXXVIII, p. 253.)

1882. — Wolfram de East Pool (Cornwall). (*Mining. Journal*, London, 966.)

1883. d'Achiardi, t. II, p. 610.

1886. (*Mineral resources of United States*, p. 218 et suiv.)

1888. Joly. — Le tungstène.

# MOLYBDÈNE

Mo; Eq = 48; — P. At. = 96.

**Historique.** — Le molybdène a été extrait, en 1778, par Scheele de la molybdénite ou sulfure de molybdène, $MoS^2$.

**Affinités.** — Certaines affinités paraissent rattacher ce corps à l'arsenic ; c'est ainsi que la molybdine, $MoO^3$, est isomorphe avec la valentinite. D'autre part, les gisements du molybdène le rapprochent souvent de l'étain et du tungstène.

**Usages.** — Dans les fabriques de poteries, on obtient, au moyen du molybdène, des tons bleus très brillants et très solides. Pour cela, on verse, dans une dissolution de molybdate de soude, du chlorure d'étain, qui produit un précipité bleu. Cette matière colorante peut être fixée, quoique avec quelques difficultés, sur la laine et sur la soie. D'autre part, on emploie aussi, pour teindre la soie en bleu, une solution d'acide molybdique dans l'acide sulfurique.

En Suède, le molybdate de soude a été essayé pour le traitement de l'hydropisie.

Enfin le molybdate d'ammoniaque est employé en chimie pour précipiter l'acide phosphorique, en liqueur acide, en présence de toutes les bases et acides minéraux.

**Minerais.** — Le principal minerai de molybdène est le sulfure, $MoS^2$, ou molybdénite, corps si analogue au graphite qu'on l'a long-

temps confondu avec lui (il s'en distingue immédiatement en ce qu'il laisse une trace verte sur la porcelaine). Il se rencontre surtout dans les granulites stannifères, syénites zirconiennes, etc..., le plus habituellement en mouches dans un quartz compact et laiteux. Les plus beaux cristaux viennent de Norvège. On trouve également, quoique plus rarement, le molybdène dans la nature à l'état d'oxyde ou de molybdate de plomb. Le molybdate de plomb, ou wulfénite, existe en filons au Bleiberg, à Forstenkirchen, à Garmisch, etc...; on en exploite dans le haut Mexique.

**Gisements.** — Les gisements industriels de molybdène sont assez rares. En *Cornwall,* on le rencontre assez souvent associé à l'étain et au cuivre, mais toujours en quantités très faibles. On l'a exploité dans les schistes chloritiques à l'Est de l'Invernenshire et à Calbecktell, en Cumberland.

En *Norvège*, on le trouve, avec des minerais de cuivre, dans un gneiss amphibolique, auprès d'Arendal. En *Suède,* on a récemment commencé des exploitations dans le riche district métallifère qui s'étend sur la côte de la Baltique. Voici, d'après Davies, quelques détails sur ces mines peu connues :

Les mines de molybdène de Suède se trouvent dans l'île d'*Ekholmen* (Oak-Island), dans l'archipel de Westerwik, au Sud-Est de la Suède, et à environ 20 milles au Nord de la ville de Werterwik.

L'île est formée de gneiss à amphibole et de schistes micacés que recoupent 7 filons distincts, ayant de 0,15 à 0,50 de large. En un point, 4 de ces veines se réunissent et forment un amas de $1^{m},50$ de large. Le remplissage est composé de molybdénite, oxyde de molybdène et pyrite de cuivre, dans une gangue de quartz et de fesldpath. Les gîtes ont 90 mètres de longueur reconnue et ont déjà été explorés sur 10 mètres de profondeur. La molybdénite très pure se trouve parfois en amas pesant jusqu'à 1 600 grammes ; quand elle est plus disséminée, on arrive à la trier assez facilement. Dans l'été de 1880, entre le 2 juin et le 2 octobre, trois hommes ont extrait 600 kilogrammes de molybdénite pure et environ 4 000 kilogrammes de minerai de seconde qualité à 9 p. 100 de molybdène. Il n'existe ni apatite ni wolfram avec le

molybdène. Les minerais exportés en Allemagne y ont été vendus 20 francs le kilogramme.

En *Autriche*, le molybdène sulfuré se trouve dans les quartz stannifères de Zinnwald et de Schlangenwald.

En *Hongrie*, on l'a rencontré parfois en petites masses contenant une certaine proportion d'argent et même d'or, dans une argile filonienne.

Nous citerons encore, comme gisements de molybdénite, Macchetto, commune de Quittengo Biella et Traverselle, en *Italie*[1]; Auerbach, Altenberg et Ehrenfriedendorf, en *Saxe;* Chessy, en *France;* Chutia Nagpur, aux *Indes;* Elsmore, en *Australie*[2], où il en existe de beaux cristaux dans une mine d'étain, etc.

Aux *États-Unis*, on l'a signalée à Haddam et Saybrook, en Connecticut; à Blue Hall Bay, dans le Maine; à Shutesburg et Burnfield en Massachusetts; près de Franklin-Furnace, à New-Jersey et près de Warwick (New-York); en Westmoreland (N. Hampshire).

Dans le *Haut Mexique* on exploite, paraît-il, depuis quelque temps, des mines de molybdate de plomb (wulfénite).

La wulfénite, à l'état de cristaux isolés, accompagne habituellement les produits d'oxydation superficielle des minerais de plomb et se rencontre dans beaucoup des mines où l'on extrait ce métal, telles que : Bleiberg, Windich-Kappel et Schwarzenbach, en *Carinthie;* Rezbanya, en *Hongrie;* Przibram, en *Bohême;* Moldava, au *Banat;* Annaberg, Schneeberg, etc., en *Saxe;* Southampton, en *Massachussets.*

Avec la wulfénite, on a trouvé, à Leadhills, en *Écosse*, un vanado-molybdate de plomb, nommé l'eozite.

[1] 1877. Cossa. Sulla Molibdenite nel Biellesse. (*Trans. R. Ac., Lincei*, p. 206.) 1883. D'Achiardi, II, 609.

[2] 1882. Miner N. S. Wales. Ed., 2, 98.

# URANIUM

U; Eq = 60 — P. at = 120.

**Historique.** — L'oxyde d'uranium a été découvert, en 1789, par le chimiste allemand Klaproth, dans une analyse de pechblende. Mais c'est en 1840 seulement que Péligot parvint à préparer l'uranium métallique au moyen d'un chlorure anhydre chauffé avec du potassium.

**Propriétés chimiques.** — Péligot avait proposé de prendre 60 pour équivalent ou 120 pour poids atomique de l'uranium. M. Mendéléeff, pour le rapprocher du tungstène et du molybdène ($UO^3$, $MoO^3$, $WO^3$), aurait préféré 240. Cette opinion n'a généralement pas été adoptée. D'ailleurs, si l'uranium a quelques analogies de gisement avec le tungstène et le molybdène, d'autre part, certaines propriétés chimiques sont plutôt comparables à celles du chrome.

**Usages.** — Les principaux usages de l'urane sont la préparation de matières colorantes.

L'azotate d'urane $AzO^3\ U^2O^3$, 6HO est le sel d'urane qu'on obtient le plus facilement à l'état pur et c'est, par son intermédiaire, qu'on extrait l'uranium de ses minerais. Il est d'une belle couleur jaune. Divers autres sels de sesquioxyde donnent aussi des jaunes superbes. Les uranates de soude, de potasse et d'ammoniaque, les oxydes divers sont très employés pour les verres colorés et pour la peinture sur porcelaine. Le sesquioxyde donne au verre

des nuances d'or et des teintes verdâtres très fines ; le protoxyde sert à colorer en noir certaines porcelaines de grand prix.

L'urane pourrait, en outre, avoir quelques applications en photographie, en raison de certaines propriétés lumineuses de ses sels constatées par Niepce.

Si l'uranium n'avait pas, jusqu'ici, un prix aussi élevé (60 francs le kilogramme), il serait encore susceptible d'autres emplois. Sa grande résistance électrique le ferait utiliser en électricité. On pourrait enfin en faire, avec le platine et le cuivre, des alliages ayant l'aspect de l'or et capables de résister aux acides. La découverte récente (1889) d'une mine d'urane dans le Cornwall a rappelé l'attention sur ces diverses propriétés.

**Gisements d'uranium.** — L'uranium est un métal peu répandu dans la nature. Son principal minerai est la *pechblende*, substance assez complexe qu'on regarde comme de l'oxyde vert d'urane mélangé à d'autres corps. La pechblende est généralement fort impure; à Joachimsthal, par exemple, elle contient seulement 40 centièmes d'oxyde d'uranium et le reste en arsenic, soufre, molybdène, avec un peu de vanadium, de tungstène, de fer, manganèse, aluminium, cobalt, nickel, cuivre, bismuth, plomb, argent, magnésium et calcium.

On trouve la pechblende à *Joachimsthal*, à *Georgenstadt* et à *Przibram* en Bohême, à *Schneeberg* en Saxe, à *Resbanya* en Hongrie, à *Vale* en Norvège, avec des minerais de plomb et d'argent. On en rencontre également à *Redruth* dans le Cornwall (400 kilogrammes en 1878) et près d'Andrinople.

Dans ces divers gisements, elle ne forme que des poches et des amas assez restreints; mais, en 1889, on en a découvert, en Cornwall, à *Grampound road*, une veine régulière qui contient, d'une manière constante, une proportion d'uranium allant de 12 à 30 p. 100. A la fin de 1889, on avait déjà extrait là plusieurs tonnes de métal.

En outre, on connaît l'urane à l'état d'*uranite* ou autunite à Autun (phosphate double d'uranium et de chaux) et sous un certain nombre d'autres formes rares. C'est ainsi que la *samarskite*, minéral noir rencontré dans la granulite en Sibérie (Miask) et dans la Caroline du Sud, est un niobate d'uranium. L'*Yttrotanta-*

*lite*, rencontrée à Finbo et Brodbo près de Falun en Suède, dans des granulites, est un tantalate d'yttria, de chaux, de fer et d'uranium. La *polycrase*, trouvée dans le granite des mines d'Hitteroé, avec de la gadolinite, est un niobotitanate de fer, d'yttrium, de cérium et d'uranium.

Ces diverses combinaisons montrent de quels métaux l'uranium est rapproché par ses propriétés.

**Extraction.** — Le seul point peut-être où l'on fabrique l'uranium industriellement est *Joachimsthal*.

Les mines d'argent de Joachimsthal sont exploitées depuis le XVI^e^ siècle. En 1853, on y installa la fabrication des sels d'urane qui, bientôt, a pris des proportions assez importantes.

Quelques-uns des filons de Joachimsthal fournissent de la pechblende qui est amenée à l'usine, soit sous forme de minerais de triage broyés, soit à l'état de schlichs. Leur teneur moyenne est d'environ 40 à 55 p. 100 d'oxyde d'urane $U^3O^4$ ; ils contiennent, en outre, du vanadium, de l'arsenic, du soufre, du molybdène, du tungstène, du cobalt, du nickel, du cuivre, du bismuth, du plomb, de l'argent, du fer, du manganèse, de la chaux, de la magnésie, de l'alumine et de la silice.

Le prix d'achat des minerais est calculé d'après la formule suivante :

$$n = 17{,}39\ h.$$

$h$ étant la teneur en oxyde d'urane, et $n$ le prix d'un quintal du minerai sec.

La formule du traitement comprend :

1° Grillage des minerais avec addition d'azotate et de carbonate de soude ;

2° Lessivage des minerais grillés. Le vanadium, le tungstène, le molybdène sont dissous, tandis que l'uranate de soude, insoluble dans l'eau pure, reste dans les résidus, avec le cuivre, le cobalt, le nickel, l'argent, etc... La dissolution passe au traitement pour vanadium ;

3° Attaque des résidus par l'acide sulfurique ; on dissout l'urane et le cuivre en laissant la silice, la chaux, le fer, etc. ;

4° Précipitation des métaux étrangers par le carbonate de soude en excès;

5° Purification de la liqueur en la chauffant au moyen de jets de vapeur, de manière à chasser l'acide carbonique libre qui tenait en dissolution du fer et de la chaux;

6° Enfin, précipitation de l'uranium par la soude ou par l'acide sulfurique, suivant qu'on veut avoir de l'uranate de soude jaune clair ou orangé.

On fabrique les sels suivants :

| | | |
|---|---|---|
| Uranate de soude, jaune clair valant. | 57,50 | le kilo (en 1880) |
| — orangé. . . . . | 57,50 | — |
| — orangé vif . . . . | 63,50 | — |
| Uranate de potasse, — . . . . | 73,75 | — |
| — d'ammoniaque, jaune clair . | 62,50 | — |
| Oxyde d'uranium, noir. . . . . | 80,00 | — |

La production annuelle s'élevait, en 1880, à environ 4 500 kilogrammes, dont la plus grande partie en uranate de soude, servant pour la fabrication des verres colorés et pour la peinture sur porcelaine.

*Bibliographie.*

ANTHON. — Extraction de l'uranium de ses minerais. (*Dinglers Polyt. Journal*, t. CLVI, p. 207.)

1865. LIESEGANG. — Procédé de virage à l'urane. (*Bull. Soc. chim.*, t. III, p. 259; *Moniteur de la photogr.*, 1er janvier 1865.)

NILSON. — Recherches sur l'uranothorite d'Arendal (découverte en 1876 par NORDIENSKIOLD). (C. R., t. XCV, p. 784.)

PATERA. — Sur la préparation du jaune d'urane. (*Journal für prakt. Chem.*, t. CXI, p. 397.)

PELIGOT. — Sur la préparation de l'uranium. (C. R., t. LVII, p. 73; *Ann. de Ch. et Phys.*, 4e, t. XVII, p. 369.)

WÖHLER. — Extraction de l'uranium de la pechblende. (*Traité pratique d'analyse chimique.*)

WYSOCKI. — Fabrication des jaunes d'urane à Joachimsthal en Bohême. (*Dinglers polyt. Journal*, t. CLXXVI, p. 448; *Bull. de la Soc. chim.*, t. VI, p. 494.)

* 1880. LALLEMAND. — L'urane et le vanadium à Joachimsthal. (*Ann. d. M.*, 7e, t. VII, p. 326.)

1883. D'ADHIARDI. — I metalli, etc., II, 569.

* 1884. DITTE. — L'uranium et ses composés. (Cet ouvrage contient une bibliographie chimique.)

1889. VERNIER. — Chronique scientifique du *Temps* (8 oct. 89).

# ANTIMOINE

Sb; Eq = 122; — P. at. = 122.

**Historique.** — Le sulfure d'antimoine, ou stibine, est connu en Orient depuis les temps les plus reculés[1]. Dioscorides l'a mentionné sous le nom de stimmi et Pline de stibium en indiquant l'usage qu'en faisaient les femmes d'Asie pour se noircir les sourcils. Dans le *Currus triomphalis antimonii*, à l'époque de la Renaissance, on trouve l'indication du vin stibié et de l'émétique. Au XV^e^ siècle, Basile Valentin cite le verre d'antimoine obtenu par la fusion de l'antimoine naturel dans des vases de terre, le soufre doré, le kermès, le beurre d'antimoine. On avait, dès lors, remarqué que l'antimoine donnait de bons effets dans la nourriture des animaux à l'engrais. On en abusa tellement en médecine qu'en 1566, sur une décision de la Faculté de Paris, le Parlement en proscrivit l'usage, et cette défense ne fut levée qu'un siècle après, en 1650.

**Usages.** — Aujourd'hui l'antimoine est utilisé, soit sous forme d'alliage, soit comme base de certains produits chimiques et pharmaceutiques.

*Alliages.* — L'antimoine, en s'alliant à la plupart des métaux, leur donne de la dureté. L'alliage des caractères d'imprimerie consomme une assez forte proportion de ce métal; en voici quelques compositions :

[1] M. Berthelot a fait cette observation bien curieuse (*Rev. Archéol.*, 1887, 3^e^, t. IX), qu'un vase, trouvé à Tello en Chaldée par M. de Sarzec, était en antimoine métallique fondu.

| | Sb | Bis | Pb |
|---|---|---|---|
| Alliage pour caractères d'imprimerie . . . | 20,00 | » | 80,00 |
| | 27,77 | 22,23 | 50,00 |
| | 5,82 | 29,58 | 65,10 |
| | 33,34 | » | 66,66 |
| Alliage pour planches stéréotypes. . . . . | 14,29 | » | 85,71 |
| | 15,00 | 15,00 | 70,00 |

Allié au plomb, l'antimoine le rend susceptible d'être laminé en feuilles minces, à la condition qu'il ne contienne pas d'arsenic. Ces deux usages, caractères d'imprimerie et plomb antimonieux, sont, avec la fabrication des enveloppes de cartouches dont nous parlerons plus loin, les principaux.

Le *métal anglais* est un alliage d'antimoine et de zinc ; l'antimoine entre également dans la composition du *Pewster* anglais, qui sert à faire des brocs et des vases à boire (87 d'étain, 8 d'antimoine, 4 de cuivre, 1 de bismuth) ; dans celle du *métal de la Reine*, du *métal d'Alger ;* de l'*alliage de Réaumur* (70 d'antimoine et 30 de fer), de l'*alliage de Sérullas* obtenu en fondant 6 parties d'émétique (tartrate double de potasse et d'antimoine) avec une partie d'azotate de potasse et utilisé pour la préparation des radicaux organo-métalliques de l'antimoine ; dans la fabrication d'un bronze d'antimoine qui a donné, en Angleterre, de bons résultats pour les coussinets de wagons, etc.

Une application plus importante, qui a été cause d'une augmentation de prix notable pour l'antimoine, depuis quelques années, est celle qui a été faite dans certaines parties des nouvelles cartouches usitées dans l'armée.

*Pharmacie.* — En médecine, on emploie le kermès (oxysulfure d'antimoine), le sulfo-antimoniate, l'émétique, le chlorure ($SbCl^3$) ou beurre d'antimoine, la poudre d'algaroth ($SbO^2Cl$), l'antimoniate de quinine. On désigne, d'une façon générale, tous ces remèdes sous le nom d'antimoniaux.

*Industries chimiques.* — Le beurre d'antimoine ($Sb^2O^3$) sert à bronzer le cuivre et les armes pour les préserver de l'oxydation ; il se produit, en effet, par l'action du fer ou du cuivre sur le chlorure, un dépôt superficiel d'antimoine peu altérable.

L'oxysulfure d'antimoine ($SbS^2O$) entre, sous le nom de vermillon d'antimoine, dans la fabrication des toiles et des papiers ;

c'est une couleur qui couvre bien, se mêle parfaitement à la céruse et a l'avantage d'être inaltérable à l'air, à la lumière, aux émanations sulfureuses, etc.

L'antimoine lui-même, en poudre très fine, comme celui qu'on obtient par précipitation d'un de ses sels par le zinc ou le fer, est connu dans l'industrie sous le nom de noir de fer ; il sert à bronzer les métaux et à donner aux statuettes de plâtre un aspect métallique (Konig). On emploie également des dépôts galvaniques d'antimoine.

Le jaune de Naples est un antimoniate basique de plomb préparé en fondant 1 partie d'antimoine avec 1 partie de plomb, 3 de salpêtre, 6 de sel marin, pulvérisant le produit et lavant à l'eau chaude. Le jaune minéral de Mérimée et le jaune Pinard sont des produits de composition analogue.

**Minerais.** — Le principal minerai d'antimoine est le sulfure ou *stibine* ($Sb^2 S^3$). Généralement ce sulfure est disséminé en aiguilles très fines dans une gangue de quartz et difficile à séparer par broyage. Exceptionnellement, on a exploité, dans la province de Constantine, à Hammimat, un peu de sénarmontite et de valentinite ($Sb^2 O^3$)[1].

En outre, l'antimoine entre dans la composition d'un grand nombre de minerais : sulfoantimoniures complexes de cuivre, zinc, argent, fer, mercure, etc., tels que les divers cuivres gris (Panabase, Freibergite, Schwatzite) ; sulfoantimoniures d'argent et de cuivre, tels que la Polybasite ($Ag^5 Sb S^6$) ou d'argent seul comme la Psaturose ($Ag^3 SbS^4$), l'Argent Rouge ($Ag^3 SbS^3$), etc. ; sulfoantimoniures de cuivre et de plomb, comme la Bournonite ($Cu Pb SbS^3$), ou de plomb seul comme la Boulangérite ($Pb^3 Sb^2 S^6$), etc. Il y a lieu d'insister particulièrement sur l'affinité qui existe souvent entre l'antimoine et le mercure ou l'or ; nous y reviendrons à l'occasion de ces deux métaux.

En raison de ces associations, on obtient une certaine propor-

[1] Depuis 1888, la proportion des minerais oxydés vendus a beaucoup augmenté. En 1889, on a expédié de Smyrne un tonnage notable de minerais oxydés, pulvérulents, titrant de 35 à 38 p. 100. On a signalé également, en Asie Mineure, en face Mételin, un antimoniure de cuivre à 73 p. 100 de cuivre et 27 p. 100 d'antimoine qui serait, paraît-il, assez abondant.

tion d'antimoine comme produit secondaire de la métallurgie de ces divers métaux ; ainsi l'usine d'arsenic de Freiberg donne un peu de plomb antimonieux ; mais la plus grande partie va se perdre avec les produits volatils que donne le grillage et, dans bien des cas, la présence de l'antimoine dans les minerais n'est, en fait, considérée que comme une gêne, particulièrement dans les minerais d'or et d'argent.

PRODUCTION D'ANTIMOINE

| | FRANCE | | PRUSSE | | AUTRICHE | | HONGRIE | | JAPON | | ITALIE | | Gde BRETAGNE | | ÉTATS-UNIS | | AUSTRALIE | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Tonnes | Francs | Tonnes | Francs | Tonnes | Francs | Tonnes | Francs | Tonnes | Francs | Tonnes | Francs | Tonnes | Francs | Tonnes | Francs | Tonnes | Francs |
| 1880 | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » |
| 1881 | 188 | 1 163 | 258 | 926 | 84 | 797 | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » |
| 1882 | 173 | 1 148 | 17 | 1 550 | 161 | 895 | » | » | » | » | 230 | 1 083 | » | 54 | » | » | » | » |
| 1883 | 87 | 870 | 128 | 689 | 131 | 832 | » | » | » | » | » | » | » | 54 | » | » | » | » |
| 1884 | 105 | 840 | 143 | 677 | 170 | 941 | » | » | » | » | 270 | 1 000 | » | 54 | » | » | » | » |
| 1885 | 122 | 1 000 | 149 | 611 | 191 | 832 | » | » | 500 | » | 240 | 870 | » | 45 | » | » | » | » |
| 1886 | 171 | 775 | 120 | 600 | 203 | 747 | » | » | » | » | 198 | 706 | » | 31 | » | » | » | » |
| 1887 | 170 | 956 | » | » | 258 | 732 | 236 | 781 | » | » | 200 | 700 | » | 68 | 91 | 1 332 | 19 | 1 675 |
| 1888 | 240 | 923 | 69 | 580 | 213 | 760 | » | » | » | » | 22 | 636 | 34 | 90 | » | » | » | » |
| 1889 | 316 | 1 560 | 161 | 570 | 221 | 847 | » | » | » | » | 1 970 | 142 | » | 103 | » | » | » | » |
| 1890 | 843 | 1 263 | 115 | 723 | 207 | 1 032 | » | » | » | » | » | » | » | 116 | » | » | » | » |

| | MINERAI EN 1889 | | MÉTAL EN 1889 | | MINERAI EN 1886 | | MÉTAL EN 1886 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Tonnes | Francs | Tonnes | Francs | Tonnes | Francs | Tonnes | Francs |
| France. . . . . | 2 230 | 184 | 316 | 1 560 | 300 | 157 | 171 | 775 |
| Japon . . . . . | » | » | 500 | » | » | » | » | » |
| Portugal. . . . . | 2 060 | 291 | Minerais exportés en grande partie en Angleterre. | | 800 | 384 | ? | ? |
| Italie . . . . . | 500 | 132 | ? | ? | 180 | 295 | 240 | 870 |
| Espagne. . . . . | 440 | 50 | ? | ? | 150 | 45 | » | » |
| Nouvelle-Zélande . . | 380 | 414 | ? | ? | 680 | 193 | » | » |
| Autriche. . . . . | 340 | 285 | 221 | 847 | 390 | 220 | » | » |
| Hongrie . . . . . | 240? | 296 | 236 | 781 | 2 300 | 174 | 255 | 747 |
| Canada . . . . . | 310 | 61 | » | | 600 | 272 | » | » |
| Prusse. . . . . | ? | ? | 161 | 570 | » | » | 120 | 600 |
| Grande-Bretagne . . | 68 | 334 | 34 | 1 490 | » | » | » | » |
| Etats-Unis . . . . . | 239 | ? | 103 | 1 332 | » | » | 31 | 1 000 |
| Australie . . . . . | 176 | 240 | 19 | 1 675 | 370 | 314 | 203 | 674 |

Les deux tableaux ci-dessus donnent, le premier d'après la statistique internationale française[1], la production d'antimoine métallique dans les divers pays; le second, le classement des pays d'après l'importance de leur production.

Ces tableaux mettent bien en évidence la hausse considérable qui s'est produite, en *France,* sur l'antimoine, de 1886 à 1889, par suite de son application au matériel de guerre et l'augmentation notable qui en est résultée, sinon dans la consommation d'antimoine en France, au moins dans la production des mines françaises.

En 1885 et 1886, l'antimoine sulfuré n'avait été exploité en France que dans la Haute-Loire et dans la Corse. La production avait été, en 1886, de 171 tonnes, y compris une certaine quantité de métal venant de minerais de Sardaigne, fondus en même temps que ceux de la Corse à Alais; en même temps, on avait importé 533 tonnes d'antimoine en 1885, 537 en 1886 : ce qui portait, à ce moment, la consommation annuelle d'antimoine en France à environ 710 tonnes. En 1888, la production de minerais n'était encore que de 789 tonnes; en 1889, elle a atteint 2 229 tonnes, et l'on voit figurer, en outre, à l'exportation, 1 923 tonnes de minerai contre une importation de 70; cette année-là, on a obtenu, dans les usines de la Haute-Loire, d'Alais et du Cantal, 316 tonnes d'antimoine contre 240 en 1888; mais l'importation d'antimoine métallique n'a été que de 248 tonnes contre 33 à l'exportation; en sorte que la consommation ressort à peine à 550.

Les départements producteurs sont :

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| La Corse (Méria, près du cap Corse[2]), donnant . . . . . | 1 279 t. | de minerai | trié. . . . | à 236 | francs |
| La Haute-Loire avec 6 mines, donnant . . . . . | 210 t. | — | lavé et trié. | à 277 | — |
| | 576 t. | — | trié. . . . | à 77 | — |
| Le Cantal avec 1 mine, donnant . . . . . | 121 t. | — | brut. . . . | à 28 | — |
| La Lozère avec une mine, donnant. . . . . | 45 t. | — | brut. . . . | à 20 | — |

Autrefois, en France, on ne traitait que les minerais à plus de 25 p. 100; aujourd'hui, on descend beaucoup au-dessous.

[1] Complétée pour les États-Unis, d'après les Mineral Resources de 1890.

[2] Coll. *École des Mines*, 1956. Voir Hollande : Gîtes métall. de Corse. (*B. S. G.*, 3e, IV, 30; 1876.)

Les fonderies françaises sont au nombre de trois : une à Alais et deux à Brioude. Elles traitent même des minerais pauvres à 7 et 8 p. 100. Une grande partie des minerais français est exportée en Angleterre.

Parmi les pays étrangers, le *Japon*, qui avait une production considérable, estimée, d'après la statistique française de 1889, à 500 tonnes de métal pour l'année 1885, et, d'après une revue anglaise, à 200 tonnes de minerais à 73 p. 100 pour 1887, a réduit son extraction depuis ce moment.

Le *Portugal*, avec les mines de Tapada, de Lixa et de Gondomar près d'Oporto, produit des minerais riches à près de 70 p. 100 ; avec celle de Corcega, des minerais de 20 à 50 p. 100 [1].

En *Italie*, nous étudierons le gîte de Pereta (Toscane). On peut citer encore Cettine di Cotorniano et Tocchi (province de Sienne) : San-Basilio, Ballao, Villasalto dans le district des Lanusei en Sardaigne.

En *Allemagne*, nous mentionnerons celui de Arsnberg en Westphalie ; ceux de Hoffnung, près de Brück sur l'Ahr, cercle d'Adenau ; de Goldronach dans le Fichtelgebirge ; en *Hongrie*, celui de Magurka, dans la chaîne granitique de Gumbir et celui de Kremnitz.

En *Espagne*, on a, paraît-il, découvert recemment des mines importantes dans la province de Badajoz, à Zalamea de la Serena et dans l'Estramadure.

En *Angleterre*, on consomme environ 6 000 à 8 000 tonnes de minerai à 50 p. 100 ; les prix des produits antimonieux étaient, à Londres, en 1889 [2] :

| | | |
|---|---|---|
| Régule d'antimoine . . . . . | 1 950 à 2 000 | fr. la tonne. |
| Régule du Japon . . . . . | 2 000 | — |
| Oxyde du Japon, à 50 p. 100 . . . . . | 515 | — |
| Sulfure de Portugal, à 50 p. 100 . . . . . | 750 | — |
| Minerai portugais de Corcega, à 30 p. 100. | 700 | — |

La production de l'Angleterre est nulle ; mais on connaît des gîtes à Wheal Boys (Devonshire), à Salstath (Cornwall), à Glendinning, paroisse de Westkirk (Dumfrieshire).

[1] Les minerais portugais sont fréquemment aurifères.

[2] *Revista miniera*, 1889.

Enfin, en dehors des pays producteurs mentionnés plus haut, il y a lieu de citer Bornéo, l'Australie, les États-Unis, le Canada et l'Asie Mineure aux environs de Smyrne.

*Bornéo* (district de Sarawak supérieur) était, il y a quelques années, une source importante d'antimoine. En 1881, on en a exporté pour une valeur de 1 800 000 francs; cette production a beaucoup décru.

En *Australie*, les minerais d'antimoine sont fréquemment aurifères. L'exploitation en est irrégulière. La province de Victoria, qui fournissait 2 627 tonnes en 1878, n'en produisait que 35 en 1883; de 1851 à 1876, la valeur de sa production, tant en minerai qu'en métal, a dépassé 3 millions de francs. En 1883, la Nouvelle-Galles du Sud a produit 357 tonnes de minerai et le Queensland 508, valant environ 270 000 francs.

Aux *États-Unis*, la production a été, en 1890, de 116 tonnes valant 212 000 francs. Les gisements connus sont surtout à l'Ouest du Mississipi : dans l'Arkansas (comté de Sevier) et dans le Nevada (comté de Humboldt, minerai bismuthifère); puis, en Californie (comté de Kern), dans l'Utah (comté de Iron), etc. En 1890, le Nevada a produit 800 tonnes de minerai dont 200 fondues à San-Francisco.

Le *Canada* exporte son minerai (5 à 600 tonnes) en Angleterre. Les mines sont celles de Westgore, comté de Hants, Nouvelle-Écosse; de Prince-William, comté d'York, Nouveau-Brunswick.

**Commerce de l'antimoine.** — Le marché de l'antimoine métallique, ou régule d'antimoine, est à Londres. Le cours du métal y est coté, en livres sterling, par tonne de 1 015 kilogrammes. C'est en Angleterre également que les minerais ont le plus large débouché. Les ventes se font à l'état de sulfure naturel plutôt qu'à l'état de sulfure liquaté (ou antimoine cru). Les minerais à 50 p. 100 d'antimoine sont considérés comme de première qualité; ceux au-dessous de 30 p. 100 trouvent difficilement preneur. Les minerais oxydés, moins riches, plus coûteux et plus difficiles à réduire, sont payés moins cher à teneur égale. En fait d'impuretés, l'arsenic et le plomb sont considérés comme très nuisibles; la pyrite de fer l'est moins.

Dans les minerais pauvres, le 1/100 de métal se paye, en moyenne, 3,50 à 4 francs; un minerai à 10 p. 100 vaudrait ainsi 35 ou 40 francs. Le prix de l'unité augmente rapidement avec la richesse pour atteindre 8 ou 10 francs dans les minerais de première qualité. On arrive ainsi à des produits qui valent de 5 à 700 francs la tonne et qui n'ont subi d'autres frais que ceux de l'extraction et d'un triage assez sommaire. En 1890, le régule a valu environ 1 800 francs la tonne, le sulfure 1 000 francs, le minerai à 50 p. 100, 600 francs.

D'après M. Burthe[1], les conditions de vente peuvent être définies par la formule : $p = \frac{t}{100}\left(1 - \frac{1}{a}\right)(c - f)$, où $p$ représente le prix de la tonne de minerai ; $t$ la teneur en centièmes constatée par voie sèche ; $\frac{1}{a}$ le déchet de fabrication ; $c$ le cours du régule en francs par tonne ; $f$ les frais de fusion et le bénéfice du fondeur par tonne. En Angleterre, $f$ est d'environ 450 francs ; $\frac{1}{a}$ varie entre 9 pour une teneur de 60 p. 100 et 50 pour une teneur de 20.

On admet en Auvergne que l'exploitation des petits filons n'est plus rémunératrice, quand le sulfure liquaté descend au-dessous de 400 francs la tonne (soit 800 francs pour le métal).

## GISEMENTS D'ANTIMOINE

Les gisements de stibine se présentent généralement sous la forme de filons quartzeux avec mouches irrégulièrement disséminées de minerai ; parfois ces mouches arrivent à constituer des lentilles assez longues ; mais les veines de stibine réellement continues sont rares. Au contact, on remarque souvent l'existence d'une roche analogue à celle qui accompagne les filons d'étain, roche à mica blanc et à minéraux verdâtres. Le cas se présente, par exemple, pour le filon de Magurka en Hongrie encaissé dans le granite et, dans cette mine, on peut présumer, d'après les descriptions, que l'aspect spécial de la roche aux

[1] *Ann. d. M.*, 9e, t. II, p. 172, 1892. Article très complet sur le commerce de l'antimoine.

épontes, la transformation du mica noir en mica blanc et celle du feldspath en un corps cireux verdâtre, sont dus, comme dans le cas des gîtes d'étain, au métamorphisme exercé par les eaux acides qui ont apporté l'antimoine. A Bresnay, à l'Est de l'Allier et à Montignat, à l'Ouest de Montluçon, nous avons constaté un phénomène du même genre. Là il semblerait même y avoir, non pas seulement une action métamorphique, mais une association d'origine entre la stibine et la roche à mica blanc, comme si l'antimoine avait été directement emprunté par les eaux à ses fumerolles, ainsi qu'on est conduit à le supposer pour l'étain.

On peut en dire autant pour les exemples cités par Grüner, dans le Plateau Central, de filons de granulite à axe formé de quartz et de stibine.

D'autre part, quelques filons de stibine dans le Plateau Central (à Villerange, Creuse, etc.) recoupent la grauwacke du culm, ce qui porterait à leur assigner un âge plus récent que celui généralement attribué à la granulite et à les rapprocher des microgranulites avec lesquelles d'autres gîtes antimonieux de la même région semblent en relation.

Pour expliquer la formation de la stibine en filons, il y a lieu de rappeler sa synthèse opérée par Sénarmont (1851), en chauffant en vase clos, à 300°, un mélange d'antimoine et de soufre en présence d'eau pure, ou, à 250°, en présence du bicarbonate de soude.

D'autre part, nous dirons que certains gisements d'antimoine, comme celui d'Arnsberg en Westphalie, semblent se présenter sous une forme sédimentaire. Dans ce cas, nous citerons la remarque faite par M. Daubrée de la présence de l'antimoine et de l'arsenic dans les combustibles minéraux, dans la mer, aussi bien que dans certaines roches éruptives comme le basalte du Kaiserthal et dans les émanations des solfatares de Pouzzoles et de la Guadeloupe [1].

Enfin il ne faut pas oublier le rôle joué par l'antimoine dans bien des filons métallifères complexes d'or, d'argent, de cuivre, etc.

Au point de vue de l'*âge*, on doit admettre qu'il y a eu plusieurs venues distinctes d'antimoine ; nous étudierons successivement :

[1] *Eaux souterraines*, t. II, p. 133, et *Ann. d. M.*, 4e série, t. XIX, 1850 et 1851, p. 827.

D'abord l'antimoine de Magurka, en Hongrie, encaissé dans le granite ; puis les gisements du Plateau Central français, généralement compris, de même, dans le granite ou dans le gneiss, mais dont certains, encaissés dans la grauwacke du culm, sembleraient prouver que la venue antimonieuse a été, au moins, carbonifère.

Le gisement de Casa Branca en Portugal, celui de Sala en Suède, sont également compris dans le terrain primitif ; ceux du Fichtelgebirge et de la Forêt Noire, sont dans le silurien ; ceux de la province de Barcelone (Espagne), et de la Nouvelle-Galles du Sud recoupent le dévonien.

Après quoi, nous mentionnerons les gîtes de Bornéo, de Victoria, des Etats-Unis et d'Angleterre dont nous ignorons l'âge et ceux d'Algérie, de Felsobanya (Hongrie), de Pereta Toscane), etc.., qui semblent tertiaires.

Comme gîtes d'allure sédimentaire, nous étudierons celui de Arnsberg (Westphalie), dans la grauwacke du culm, à rapprocher des filons recoupant cette même grauwacke dans le Plateau Central ; l'épanchement de Charmes (Ardèche) dans la dolomie triasique ; les gîtes de Djebel Hamimat dans le néocomien de la province de Constantine considérés par Coquand (d'une façon très hypothétique, à notre avis) comme contemporains des couches encaissantes, etc...

Ce dernier gisement nous fournira un exemple de mines d'antimoine oxydé comme il en existe au Japon et en Asie Mineure et comme on a commencé à en exploiter récemment dans le Plateau Central français.

## ANTIMOINE DE MAGURKA (HONGRIE) [1]

Magurka, en Hongrie, se trouve sur le versant Nord de la chaîne granitique de 1 200 à 1 800 mètres de hauteur, qui sépare le comitat de Sohl de la Leptau, en même temps que les bassins

[1] 1861. Cotta. *B. u. H. Z.*, p. 123.
1868. Meier. *Jahrb, d. KK. geol. Reichst.*, p. 257.
1884. Groddeck, p. 241 et 70.
Cf. Coll. *Ecole des Mines*, 1314 et 1951.

hydrographiques de la Gran et de la Waag. Le granite y contient plusieurs filons de stibine, quartz et or natif, dont l'un est exploité.

La puissance de ce filon varie de quelques centimètres jusqu'à 4 mètres ; son inclinaison, également très variable, descend parfois jusqu'à 25 ou 35 degrés. Plusieurs failles transversales y produisent des rejets importants. Au voisinage du filon, le granite a pris un aspect spécial que l'on retrouve souvent près des gîtes d'antimoine. Le feldspath est transformé en un minéral jaune verdâtre, d'aspect cireux et le mica noir est devenu blanc.

Le remplissage consiste principalement en quartz et stibine ; le quartz contient de fines imprégnations, des fils et des grains d'or argentifère. Comme éléments accessoires, on trouve de la galène, de la blende, de la pyrite, de la chalcopyrite, du braunspath et de la calcite. Aux points les plus riches, la stibine a 2 mètres de puissance ; mais elle diminue ensuite très rapidement.

En plan, on peut remarquer que, dans le filon primitif composé de quartz avec axe de stibine, il s'est fait, le long, d'une éponte, une réouverture ayant amené du braunspath.

Nous rapprocherons de la mine de Magurka, également en Hongrie, celles de Bisztra et Botza près Bries dans le granite ; d'Aranyidka, près Kaschau, dans les schistes.

En dehors de ces filons, ceux de Felsobanya en Hongrie, de Chemnitz et Kremnitz en Autriche, produisent de l'antimoine, mais semblent d'âge tertiaire et seront étudiés plus loin[1]. Nous avons vu que l'Autriche-Hongrie et Allemagne étaient deux centres importants d'extraction de ce métal.

## ANTIMOINE DU PLATEAU CENTRAL[2]

Le *Plateau central* comprend un grand nombre de filons de stibine, dont la plupart ont été, à diverses reprises, exploités. En raison de l'intérêt particulier qui s'attache actuellement à ce métal en France, nous donnerons, sur eux, quelques détails[3].

[1] Voir page 202.

[2] Coll. *Ecole des Mines*, 1718 et 1597.

[3] Cette description a été faite d'après des renseignements inédits communiqués par

Si nous partons du Nord, nous trouvons, d'abord, en *Bourbonnais*, la mine de *Nades*, au Sud du massif de granulite des Colettes [1], dans les micaschistes qui forment un manteau autour de ce massif. Elle est située dans la commune de Nades [2], à environ 1 kilomètre à l'Ouest du bourg de ce nom.

La découverte du gisement remonte à 1825, sa concession est du 23 avril 1829; il a été exploité, à ce moment, jusqu'en 1837, abandonné longtemps, repris il y a une quinzaine d'années et, de nouveau, abandonné.

La stibine s'y trouve dans deux filons dirigés à 150 degrés [3] : le premier de $1^m,20$ d'épaisseur et le second, dit filon de la Tranchée, un peu moins épais. La gangue est quartzeuse.

Plus à l'Est de l'Allier, à *Bresnay*, canton de Souvigny [4], on a fait des recherches en 1763. Le gisement formait deux filons dans le granite, à une certaine distance l'un de l'autre, le premier à Montmalard, dirigé à 160 degrés et oublié depuis 1776; le second aux Bergerats, dirigé à 140 degrés, concédé en 1783 et également abandonné bientôt après. Le minerai, accompagné par une sorte de granulite à mica blanc analogue à celle que nous avons signalée à Magurka en Hongrie, était formé de quartz et stibine avec passablement d'oxyde à la surface.

Enfin, à l'Ouest du département de l'Allier, au Sud de Montluçon, dans la commune de la Petite-Marche, à *Montignat*, on a exploité, vers la fin du siècle dernier, un filon d'antimoine sulfuré, abandonné en 1783. En 1817, Vauquelin analysa un minerai d'antimoine dont il n'indique pas la provenance exacte, mais qui paraît avoir été extrait du même filon et qu'il signala comme très précieux, par suite de l'absence de soufre et de fer. Depuis, cette mine a été, à diverses reprises, réexplorée. Une dernière tentative y a été faite, en 1888, sur un filon situé près de la limite du granite et du gneiss, dans le gneiss, et où le minerai semblait aussi accompa-

M. de Béchevel pour la Haute-Loire, le Cantal, etc., ou recueillis par nous-même pour le Bourbonnais, la Creuse, etc.

[1] Voir tome I, page 618.

[2] Voir Boulanger. Description de l'Allier, p. 355.

[3] Nous rappelons que les directions sont comptées du Nord vers l'Est de 0 à 180°.

[4] Boulanger, p. 359.

gné par une roche granulitique du côté du mur. Le filon de Montignat est dirigé à 30 degrés avec pendage vers l'Est à 45 degrés.

Si nous poursuivons vers l'Ouest, nous trouvons, dans la Creuse, à *Villerange*, des filons d'antimoine intéressants parce qu'ils recoupent la grauwacke du culm et sont, par conséquent, d'âge assez bien déterminé.

A Villerange, une exploitation, depuis longtemps abandonnée, avait été placée sur un filon de quartz et stibine, dirigé Est-Ouest, inclinant vers le Nord et traversant le terrain anthracifère. Les échantillons, provenant de ce point, montrent les veines d'antimoine, tantôt recoupant le quartz et tantôt recoupées par lui. Une concession régulière a été instituée le 24 mars 1824.

Ailleurs, Grüner [1] a signalé la présence fréquente d'antimoine sulfuré dans des veines de quartz qu'il considère comme en relation directe avec la granulite.

Ainsi, au Sud de *Saint-Yrieix* (Haute-Vienne), sur la route de Juilliac, entre Glandon et le pont de la Rouchouse, les schistes micacés ou amphiboliques sont recoupés par de nombreux filons de granulite à 45 degrés, de $0^m,50$ à 1 mètre, dans l'axe desquels on trouve souvent, d'après lui, une veine de quartz chargée d'antimoine sulfuré. L'une a été exploitée à Coussac-Bonneval. Dans une autre, à l'Est de la forêt de Biaz (commune de Glandon), on voit nettement, toujours suivant le même auteur, au centre d'un filon de granulite de 1 mètre, deux zones d'un quartz gris laiteux de $0^m,08$ à $0^m,10$, légèrement imprégnées de stibine et, entre les deux, une tranche mince d'antimoine sulfuré de $0^m,01$ à $0^m,02$.

A *Chanac* [2], à 10 kilomètres au Sud de Tulle (Corrèze), M. Carnot a décrit, en 1878, des veines de stibine, de $0^m,40$ à $0^m,70$, encaissées dans des schistes argileux noirâtres.

Enfin, à *Valfleury* (Loire), on a exploité, vers le milieu du siècle dernier, des veines de quartz antimonieux dans le gneiss, que Grüner rattache, de même, à la granulite.

Des gisements plus importants dans le Plateau central sont

[1] Classification des filons du Plateau Central, p. 10.

[2] Coll. *École des Mines*, 1957.

ceux que l'on exploite à *Freycenet*, la *Licoulne*, etc., dans le Puy-de-Dôme, le Cantal et la Haute-Loire.

Les concessions d'antimoine sont assez nombreuses dans ces trois départements ; mais aucune n'a donné lieu, jusqu'ici, à des observations géologiques bien précises. La plupart étaient inexploitées, en 1887, quand la hausse du métal les a fait reprendre ; quelques-unes paraissent renfermer des gisements d'une grande richesse, notamment la concession de Freycenet, dans la Haute-Loire. Les exploitations portent surtout sur l'arrondissement de Brioude (concessions de Freycenet, La Fage, Marmeissat, Chazelles) et sur le canton de Massiac (Cantal) (concessions de Luzes et d'Ouche). La Licoulne (Haute-Loire) donne lieu à une exploitation restreinte. On fait, en outre, des recherches sur un grand nombre de points.

Ces gisements sont tous encaissés dans le terrain primitif, gneiss, micaschistes ou granite. Ils se présentent sous forme de filons quartzeux verticaux contenant des lentilles de minerai (stibine), séparées par des intervalles stériles. On trouve, par exemple, une veine de sulfure compacte, de 20 à 30 centimètres d'épaisseur, continue sur une dizaine de mètres, puis 10 à 15 mètres de terrain à peu près stérile. L'épaisseur moyenne du remplissage utile dans les exploitation fructueuses est de 15 à 30 centimètres. Quelquefois aussi le sulfure est intimement mélangé avec la gangue quartzeuse.

Presque toujours, le sulfure d'antimoine est accompagné de sulfure de fer $Fe^2 S^3$, dont la proportion est fort importante à déterminer par l'analyse ; en effet, ce sulfure donne au minerai un aspect entièrement métallique, qui peut faire croire à une forte teneur en antimoine.

Aux affleurements, ces filons contiennent souvent, sur quelques mètres, de l'oxyde d'antimoine en masses cristallines ou amorphes de couleurs variées. Ces oxydes, autrefois négligés, ont été recherchés avec activité, depuis 1889, et expédiés soit à Brioude où se trouvent deux usines métallurgiques, soit en Angleterre, ou en Allemagne par Bordeaux.

Nous décirons seulement trois de ces gisements : Freycenet, la Licoulne et Malbosc.

A *Freycenet*, le filon quartzeux contient de superbes lentilles de minerai, ayant jusqu'à 30 et 40 centimètres d'épaisseur et présentant une étendue horizontale d'une quinzaine de mètres. Ces lentilles donnent du minerai presque pur à 8 ou 10 p. 100 de quartz. Dans les intervalles, on trouve encore du quartz imprégné d'antimoine pouvant atteindre un rendement de 25 p. 100 de métal.

Les mines d'antimoine de la *Licoulne* (Haute-Loire)[1] ont été l'objet, en 1876, d'un rapport de M. Fuchs que nous résumerons.

Ces mines ont été concédées en 1807; elles sont situées dans la Haute-Loire, près du village de Mercœur et à petite distance du département du Cantal.

Les filons sont compris dans un grand plateau gneissique dont l'altitude moyenne est de 980 mètres et dans lequel des vallées abruptes tracent des sillons profonds de près de 200 mètres. Les gneiss de cette région présentent tous les faciès, depuis celui d'un granite à peine orienté, jusqu'aux micaschistes de la vallée de Coudros. Ils sont coupés par de nombreuses veines de sulfure d'antimoine qui peuvent être classées, au point de vue de leur direction, en deux systèmes, de teneur en argent différente, l'un N. 26° E., l'autre N. 54° E.

Au point de vue topographique, ils forment 4 groupes : 1° Mercœur, 2° Montel, 3° Valadou, 4° la Licoulne.

A. *Groupe de Mercœur.* — Le plus important des filons de ce groupe est celui de la Bissade, dont les affleurements sont visibles, sur plus de 2 500 mètres, à l'Est de Mercœur. Ce filon, assez sinueux, a, en moyenne, une direction N. 26°. Son remplissage est formé de stibine massive avec peu de quartz. Les épaisseurs ont atteint, paraît-il, 0,30 à 0,60 pour la partie métallique, quelquefois sur une cinquantaine de mètres.

En certains points, le filon se bifurque en plusieurs veines. En général, il forme de grandes lentilles qui se terminent en veines et se remplacent l'une l'autre. Le minerai est nettement séparé de la roche encaissante. Il n'y a pas d'épontes, mais les gneiss ont été altérés, sur une certaine épaisseur, au contact du filon, et il s'est

[1] Coll. *École des Mines*, 1718.

formé une salbande agileuse, où de la stibine est fréquemment disséminée. La stibine contient une petite proportion de plomb et de faibles traces d'argent, mais paraît tenir peu d'arsenic. Une prise d'essai a donné en 1876 :

| Antimoine. | Arsenic. | Quartz. | Argent. |
|---|---|---|---|
| 69,50 | 0,18 | 30 | traces. |

B. *Le groupe de Montel* a fort peu d'importance et n'a pas été exploré.

C. *Groupe du Valadou.* — Le filon du Valadou est, en moyenne, N. 54° E.; on l'a recoupé par un certain nombre de galeries en direction, échelonnées sur 110 mètres de haut.

La roche encaissante se compose de schistes anciens très résistants et inaltérés au contact. Le minerai forme une série de colonnes, dont l'épaisseur peut atteindre 30 centimètres, mais qui sont séparées par des parties absolument stériles. Il semble plus argentifère que celui de Mercœur.

Ce filon de Valadou est recoupé par un croiseur quartzeux à mouches d'antimoine, dirigé N. 30° E.

D. *Groupe de la Licoulne.* — Les filons sont assez nombreux et se recoupent irrégulièrement. Les deux plus importants ont été explorés sur près de 300 mètres de hauteur. Leur minéralisation est moins forte qu'à la Bissade.

Le prix de revient d'une tonne de sulfure d'antimoine a été estimé, comme suit, par M. Fuchs, pour une épaisseur de 25 centimètres et pour une production de 1 000 tonnes.

| | | |
|---|---|---|
| Exploitation . . . . . | 30 | francs. |
| Transport à l'usine . . . . . | 6 | — |
| Transport à la gare de Brioude. . . . . | 10 | — |
| Frais généraux . . . . . | 20 | — |
| Amortissement des installations . . . . . | 10 | — |
| | 76 | — |

Si l'épaisseur n'était que de 12 centimètres, les frais d'exploitation passeraient à 45 francs et les dépenses à 91 francs; à 121 francs si on n'extrayait que 500 tonnes.

*Malbosc* (Ardèche)[1]. — Le gite de Malbosc, dans l'Ardèche, a été autrefois l'objet d'une étude d'Elie de Beaumont.

Il se compose de filons quartzeux NO.-SE., recoupant des micaschistes qui reposent eux-mêmes, à une petite distance de la mine, sur le granite de la Lozère.

Ces filons contiennent une faible proportion de calcite et de barytine. La stibine y est disséminée, soit en mouches rayonnées, soit en veines très irrégulières ayant, au plus, 0,20 à 0,10 d'épaisseur. L'allure de ces veines est très variable : tantôt elles se portent au toit, tantôt au mur du filon quartzeux ; parfois elles se divisent où se perdent complètement. Cette irrégularité a fait, depuis longtemps, abandonner l'exploitation.

*Bibliographie de l'antimoine dans le Plateau Central.*

1817. Vauquelin. — Sur un minerai d'antimoine près de Montluçon (Allier). (*Ann. de phys. et chimie*, t. VII, p. 32.)
1821. P. F. Jabin. — L'extration et le traitement des minerais de Malbosc. (*Ann. d. M.*, 2e, t. I, p. 3.)
1829. Description de Malbosc. (*Karsten. Arch.*, XVIII, p. 158.)
1830. Delamotte. — Mémoire sur Malbosc. (Manuscrit à l'école des Mines.)
1841. El. de Beaumont. — Explic. de la carte géologique, p. 173.
1844. Boulanger. — Description de l'Allier, p. 355.
1855. Grüner. — Classification des filons du plateau central et description des anciennes mines de plomb du Forez. (*Soc. d'agriculture de Lyon*, 23 nov. 1855.)
1860. Dufrénoy. — Minéralogie, 2, 384.
1861. Cotta, p. 417.
1870. Burat. — Géologie appliquée.
1878. Carnot. — Gîte de Chanac (Corrèze). (*Ann. d. M.*, 7e, t. XIII, p. 394.)
1883-1892. L. de Launay. — Notes de voyages inédites.
1891. de Béchevel. — Rapports de service.

## ANTIMOINE DE PORTUGAL, ALLEMAGNE AUSTRALIE, etc.

**Portugal.** — *Gîte de Prata* (*Casa Branca*). — Le Portugal est un assez fort producteur d'antimoine. Nous avons déjà cité les gîtes

[1] Voir : Elie de Beaumont. Explic. de la carte géologique, 1841, p. 173, et Cotta, p. 411.

de Tapada et de Gondomar comme produisant des sulfures riches à près de 70 p. 100, ceux de Correga donnant des minerais de 25 à 50 p. 100. Nous ajouterons quelques détails sur le gîte de Prata (Casa Branca), situé, dans l'Alemtejo, à 1 200 mètres à l'Ouest de la station de Casa Branca (Santhiago).

Ce gîte est décrit[1] comme suivant le contour d'un massif de granulite et d'un granite que cette granulite recoupe et formant grossièrement une sorte de cône tronqué à sommet émoussé avec des ramifications latérales du côté Ouest. Le remplissage est formé de quartz et de stibine, et la puissance réduite varie entre 0,05 et 0,20.

**Allemagne.** — On peut rapprocher, de ces gîtes dans les roches primitives ou les terrains anciens, un certain nombre de filons allemands cités par V. Cotta :

Dans le Fichtelgebirge, ceux de *Gold Kronack* et de *Wolfsberg*, près Schleiz, recoupant des schistes siluriens; dans la Forêt Noire, ceux de *Salzbourg* dans les schistes anciens; puis les mines du Harz, de l'Erzgebirge, de Joachimsthal, Andreasberg, Przibram, etc... qui donnent de l'antimoine comme produit secondaire.

**Angleterre.** — De même, en *Cornwall*[2], il existe de l'antimoine en plusieurs points ; au siècle dernier, on en a extrait dans le Nord de la province, en particulier près d'Endellyon, à *Trevatham ;* à *Padstow,* etc... Vers 1856, on en a trouvé près de Saint-Kew, puis près de Liskeard ; mais aucune exploitation n'a aujourd'hui d'importance.

**Suède.** — En *Suède*, la mine de *Sala* dans le Westmannland[3] fournit de la stibine, avec un peu d'antimoine natif, associée à des minerais de plomb très argentifères, dans des filons qui recoupent le calcaire primitif et que nous décrirons au chapitre du *Plomb.*

A *Gladhammar*, près de Westervik, on trouve de la boulangérite dans des filons de cobalt et de cuivre.

[1] Notes de M. Fuchs. — Cf. *Min. Journ.*, London, 1882, 278; et d'Achiardi, II, 586.
[2] Davies, p. 279.
[3] Davies, p. 281.

**Espagne.** — La commune de Saint-Martin de Villalonga, dans le district de Bach et Abella, auprès de *Barcelone*, contient quelques gisements de stibine dans des filons quartzeux très analogues à ceux d'Auvergne.

On en retrouve des filons minces, au milieu de schistes dévoniens, dans l'Estramadure.

**Asie Mineure**[1]. — Aux environs de Smyrne, il existe de beaux filons de stibine avec quartz; nous en avons retrouvé de semblables dans l'île de Mételin, au milieu des micaschistes. En face de cette île sur la côte, on exploite un antimoniure de cuivre signalé plus haut[2].

**Australie.** — De 1871 à 1881, la Nouvelle-Galles du Sud a produit 300 000 francs d'antimoine. Les minerais se trouvent sur la baie de Munga, près de la rivière de Macleay. Ils consistent en filons d'oxyde et sulfure traversant le dévonien. La gangue est quartzeuse. A Armidal, on y trouve un peu d'or natif.

La province de Victoria a eu, jusqu'en 1880, une production assez forte[3].

**Bornéo**[4]. — Bornéo était, il y a quelques années, une source importante d'antimoine. En 1881, on en a exporté pour une valeur de 1 800 000 francs.

Les principales mines sont, dans la partie anglaise, au Nord de l'île, à Sarawak, celles de Tambusan et de Tagui. On en retire, outre la stibine, beaucoup d'oxyde d'antimoine expédié en Angleterre, à Hambourg ou à Boston, pour être raffiné. On y trouve aussi de l'antimoine natif.

Les gisements se composent, d'après Gröger, de nids de stibine dans des filons de quartz, traversant des calcaires et argiloschistes au contact ou à proximité de porphyres.

[1] Coll. *École des Mines*, 1949.

[2] Page 185.

[3] Voir plus haut, page 189. — Cf. : 1875. Liversidge, the Min. of N. S. Wales. (*Tr. and proc. R. Soc., N. S. Wales*, 9, 181.)

[4] Coll. *École des Mines* 1520. — Voir 1876, Gröger : das Antimonwerk in Sarawack auf Borneo (*Ver. d. k. k. geol. Reichs.*, Wien, 4, 87) et d'Achiardi, II, 588.

**Mexique.** — Il existe, d'après Cox[1], dans la Sonora, à 50 kilomètres du golfe de Californie, d'importants filons de quartz et stibine, de 1 à 6 mètres, encaissés entre des quartzites et des calcaires, et présentant, aux affleurements, de grandes quantités d'oxyde.

## ANTIMOINE TERTIAIRE

### (ALGÉRIE, HONGRIE, TOSCANE, ETC.)

Comme filons d'antimoine récents, nous citerons ceux d'Algérie, de Hongrie et de Toscane. Nous aurons d'ailleurs l'occasion de reparler de ce corps à propos du mercure des gîtes de Bosnie, Serbie, Hongrie, Mexique, etc., contenant stibine ou panabase avec cinabre.

**Algérie.** — Dans la province de Constantine, on a extrait à Ani-Bebbouch, d'assez grandes quantités de stibine et de sénarmontite expédiées en Angleterre. De même, au Djebel-Taia, il existait de la stibine associée avec un peu de cinabre. En outre, lorsque nous parlerons des gîtes d'antimoine d'allure sédimentaire, nous étudierons ceux de Sidi-Rgheiss ou Djebel Hamimat, au Sud-Est de Constantine.

**Hongrie.** — En Hongrie, à Felsobanya[2], il existe, à la limite d'un trachyte amphibolique et d'un trachyte plus récent, un conglomérat de frottement métallisé qui contient du quartz avec de la pyrite, souvent du réalgar et de la stibine, avec galène, blende, argyrose, etc. V. Groddeck a fait remarquer la présence de tables de barytine enveloppant des baguettes de stibine et a signalé ce fait comme une preuve entre mille que les filons n'avaient pu se former par fusion (la stibine étant, comme on sait, très fusible).

L'antimoine de Chemnitz et de Kremnitz semble du même âge.

[1] *Am. Journ.*, 1880, 20, 119, 421. Cf. d'Achiardi, II, 590.

[2] Groddeck, p. 224 et 398.

**Pereta (Toscane)**[1]. — Au milieu de la zone de l'albarese, c'est-à-dire des calcaires de l'éocène supérieur, on trouve, d'après Burat et V. Cotta, une masse irrégulière de calcédoine avec des nids de stibine. Les roches encaissantes ont subi un métamorphisme assez actif et sont imprégnées d'émanations sulfureuses qui ont transformé l'albarese, en partie, en gypse et anhydrite. Il n'est d'ailleurs pas certain que l'antimoine soit en relation avec ces vapeurs de soufre.

A la stibine sont associés des minéraux d'altération, tels que : kermésite, cervantite, etc.

Cette mine, aujourd'hui abandonnée, produisait, vers 1844, 66 tonnes de stibine par an.

Près de Monte-Auto, dans la vallée de Tafone, on rencontre de même la stibine dans l'albarese, mais sans quartz calcédonieux associé.

Enfin, dans la province de Sienne, on exploite également l'antimoine à Cettine di Cotorniano et à Tocchi; mais là, le gisement, plus ancien, est associé à des quartzites triasiques, comme celui de Charmes (Ardèche), dont nous parlerons plus loin[2].

*Bibliographie.*

1845. Burat. — Gîtes métallifères, 275.
1848. Coquand. — Descr. des solfatares, des alunières et des lagoni de la Toscane. (*B. S. G.*, 2e, 6, 91.)
1853 et 1856. Haupt. — *B. u. H. Z.*
1861. V. Cotta. — Page 380.
1872. d'Achiardi. — Mineralogia della Toscana.
1879. Pantanelli. — Nuova miniera d'antimonio nella prov. di Siena. (*Soc Tosc. Sc. Nat.*, t. II, p. 4.
1883. d'Achiardi. — I metalli, etc., II, p. 584.

## GITES D'ANTIMOINE D'ALLURE SÉDIMENTAIRE

Nous rangeons, dans cette catégorie, des gîtes qui ont été considérés par les observateurs comme d'origine sédimentaire. Il y a lieu cependant de remarquer qu'une imprégnation hydrothermale

[1] Coll. *École des Mines*, 1720 et 1950.
[2] Page 204.

postérieure expliquerait, dans la plupart des cas, les faits décrits. C'est ainsi qu'au voisinage du premier gîte dont nous parlerons, celui d'Arnsberg, en Westphalie, intercalé dans le culm, on trouve, d'après Cotta, entre Arnsberg et Nuttlar, à Bruck, près Adenau, des filons de stibine dans le même terrain de culm. De même, dans la province de Constantine, le gîte de Djebel Hamimat, que Coquand regarde comme contemporain des couches néocomiennes encaissantes, est à proximité de filons recoupant le crétacé. Cependant, suivant la règle générale que nous avons adoptée, nous donnerons les faits tels qu'ils sont énoncés par ceux qui les ont examinés sur place.

**Arnsberg (Westphalie)**[1]. — A Arnsberg, en Westphalie, on trouve un gîte d'antimoine sous forme sédimentaire.

La stibine s'y présente dans cinq petites couches, de 0,07 à 0,20, intercalées dans les schistes siliceux du culm et plissées de manière à former un anticlinal. Sur les deux flancs du pli, on retrouve les couches dans le même ordre et avec les mêmes allures caractéristiques.

La stibine y est accumulée par petits nids dans un schiste teinté en noir par des parties charbonneuses et qui ne repasse au schiste normal qu'à une distance assez grande du gîte. Le minerai le plus homogène occupe le milieu de la couche ; il se bifurque au toit et au mur en masses bacillaires isolées qui ne sortent jamais de la couche. On indique la blende, la calcite et la fluorine comme accompagnant rarement la stibine. La pyrite est fréquente. Ces couches sont connues à la mine Caspari, à Arnsberg, sur une surface de 80 hectares.

On peut rapprocher, du gîte d'Arnsberg, celui de Nutlar, dans la même région, qui paraît également interstratifié, et les filons de Bruck, près Adenau, mentionnés plus haut.

**Cévennes.** — Dans les *Cévennes*[2], il existe, au voisinage de *Charmes* (Ardèche), une région où la dolomie triasique, recouvrant le granite sur une faible épaisseur, a été imprégnée de silice

[1] 1870. Simmersbach. *B. u. H. J. autrichien*, t. XIX, p. 344.
1884. Groddeck, p. 135.

[2] R. de géol. *Ann. d. M.*, 7e, t. XVII, p. 294.

et stibine, comme, plus fréquemment, on trouve des terrains du même âge chargés de galène. Cette dolomie présente des amas irréguliers et sans allure déterminée consistant en silex brun, accompagné de barytine et de stibine, formant tantôt des veines et tantôt des nodules radiés. Il y a aussi des mouches de pyrite de fer et, près de là, à *Soyons,* cette pyrite donne même lieu à une exploitation importante [1].

**Djebel Hamimat (Sidi-Rgheiss), province de Constantine** [2]. — Le gîte de *Djebel-Hamimat* se trouve au milieu des calcaires noirs et des argiles néocomiennes inférieures, dans le mont Hamimat.

Exploité de 1850 à 1852, puis abandonné après une insurrection arabe, il a été repris vers 1880.

Il fournissait au commerce, en 1852, quatre variétés de minerai d'antimoine oxydé : 1° compact; 2° grenu; 3° cristallisé; 4° disséminé.

Le minerai compact est d'un blanc laiteux et d'aspect pierreux. Il ressemble à la céruse du commerce.

Le minerai grenu contient des géodes de cristaux octaédriques ayant parfois plus de 3 centimètres de diamètre.

Le minerai disséminé forme des cristaux libres au milieu des argiles.

En dehors de l'oxyde, il existe du sulfure d'antimoine peu répandu, en petites houppes soyeuses, parfois converties partiellement en oxyde sulfureux, et alors d'un brun rouge.

Le minerai est en amas irréguliers, parallèles aux couches, dans les terrains, en ce point-là, verticaux et de direction 150°. Fréquemment, du calcaire est empâté dans le minerai; ce que M. Coquand attribuait à une précipitation simultanée analogue à celle des minerais de fer jurassiques. Il n'y a, en effet, aucune espèce de gangue, et le parallélisme est complet entre amas et terrains.

Si l'on admettait l'existence de filons couches de stibine transfor-

[1] Voir tome I^er^, page 299.

[2] 1852. Coquand. — Sur les mines d'antimoine oxydé des environs de Sidi-Rgheiss, au Sud-Est de Constantine. (*B. S. G.*, 2^e^, t. IX, p. 342.)
1855. Fournet. — Sur les gîtes d'oxyde d'antimoine du pays des Haractas en Algérie. (*B. S. G.*, 2^e^, t. XII, p. 1039.)
1869. Ville. — Gîtes min. de l'Algérie. (*Ann. d. M.*, 6^e^, t. XVI, p. 161.)

més postérieurement en oxyde, il serait, d'après M. Coquand, difficile d'expliquer comment, au centre de calcaires compacts, se seraient formés des cristaux octaédriques d'oxyde d'antimoine. Il y a lieu cependant de remarquer que cette théorie est en contradiction avec les faits observés dans tous nos gîtes français, où l'antimoine oxydé des affleurements fait toujours place à la stibine en profondeur. D'autre part, l'allure verticale des terrains semble s'être particulièrement bien prêtée à la formation de filons couches, peut-être accompagnés de phénomènes de substitution manifestés par la présence des fragments calcaires dans le minerai. L'oxydation serait alors, comme pour tant de gîtes de plomb et de zinc, la conséquence de cette nature calcaire des roches encaissantes, qui a permis la facile pénétration des eaux superficielles.

### *Bibliographie générale de l'antimoine*[1].


Monnet. — Sur les mines de plomb antimonié. (*Ann. phys. et chim.*, t. V, p. 169.)

1851. Daubrée. — Sur la présence de l'antimoine et de l'arsenic dans les combustibles minéraux, dans diverses roches et dans l'eau de mer. (*B. S. G.*, 2e, t. VIII, p. 350.)

1860. Campbell (Dugald). — Présence de l'antimoine et de l'arsenic dans le sable des sources et rivières. (*Bull. chim. appliq.*, t. II, p. 370 ; *Chemical news*, 1860, p. 218.)

1874. Helmhaker. — Der Antimon Bergbau Mileson bei Krasnakora in *Böhmen*. (*B. u. H. Jahrb. d'Autriche*, t. XXII, p. 540.)

1876-77. S. Herbert Cox. — Report on Antimony mine, Endeavour. *Queen Charlotte Sound*, N. Z. (*Geological Sursey of N. Z.*, *Reports of geological exploration during* 1874-76. Wellington, 1876-77.)

1881. Mallet. — On a Specimen of native antimony obtained at Pūlo-Obin, near *Singapore of India*. (*Records of the geological Survey*, t. XIV, p. 303. Calcutta, 1881.)

1885. Criper. — Note on some Antimony Deposits in the *Maulmain district*. (*Records of the geological Survey of India*, vol. XVIII, p. 151. Calcutta, 1885.)

1886. George Komz. — Native Antimony and its associations at Prince William York Co *New-Brunswick*. (*American association for the advancement of science*, 34e *meeting*, p. 237. New-York, 1886.)

* 1892. — Burthe. Sur la vente des minerais et du sulfure d'antimoine. (*Ann. d. M.*, 9e, t. II, p. 163.)


Généralités et gîtes non décrits.

# ARSENIC[1]

As; Eq = 75; — P. at = 75.

**Usages.** — Les quatre produits industriels de l'arsenic sont : 1° l'arsenic métallique; 2° l'acide arsénique; 3° l'acide arsénieux; 4° le réalgar.

L'*arsenic*, réduit en poudre, constitue le produit connu dans le commerce sous le nom de cobalt ou de poudre aux mouches qui, dissous dans l'eau, donne de l'acide arsénieux. Il entre dans la composition de quelques verres étrangers et de certains alliages, tels que le tain des miroirs de télescope ou le plomb de chasse, auquel l'arsenic permet de se séparer plus facilement en grains dans la coulée, etc.

L'*acide arsénique* est utilisé en assez grande quantité dans l'impression des toiles peintes pour faire des enlevages et surtout dans la fabrication du rouge d'aniline. A faible dose, il est employé en remède contre l'asthme ; à plus haute dose, il devient un poison violent. Comme produits pharmaceutiques, l'acide arsénique fournit également l'arséniate de soude (liqueur de Paerson), l'arséniate de quinine, celui d'ammoniaque, etc.

L'*acide arsénieux*, qui est adopté dans les verreries, pour obtenir certaines apparences porcelaniques, sert pour la fabrication du

[1] Coll. *École des Mines*, 1948.

vert de Scheele (arsénite de cuivre) et on l'emploie pour chauler les blés, pour empoisonner les rats, etc. Il entre dans le savon de Bacœur, au moyen duquel les naturalistes conservent les animaux empaillés. La liqueur de Fowler (pharmacie) a pour base l'arsénite de potasse, etc.

L'un des principaux usages de l'arsenic, qui tend à disparaître, était la *fabrication des couleurs* jaunes et vertes. Ces couleurs avaient l'inconvénient d'être vénéneuses. L'orpiment (sulfure d'arsenic) est une couleur jaune assez belle, mais peu stable, et incompatible avec un grand nombre d'autres couleurs : c'est le jaune de roi. Le réalgar (sulfure rouge) sert en pyrotechnie.

L'arsénite de cuivre forme le vert de Mitis, le vert de Scheele, le vert Paul Véronèse.

**Minerais.** — L'arsenic est très fréquent dans les gisements filoniens et, aujourd'hui encore, un grand nombre de sources thermales en contiennent en dissolution, parfois même en déposent comme celle de Saint-Nectaire dans le Puy-de-Dôme, sous forme de réalgar; mais ce corps est plus souvent considéré comme une gêne que comme un produit utile. C'est ainsi que, pour les pyrites, il diminue fortement la valeur du soufre contenu. La plus grande partie de l'arsenic provient, comme produit secondaire, des chambres de condensation placées à la suite des fourneaux où l'on grille les arséniosulfures de cobalt et de nickel, les pyrites arsenicales de cuivre, l'argent arsénio-sulfuré et divers autres minerais.

Cependant, il existe dans quelques contrées, notamment en Angleterre, en Bohême (Joachimsthal), à Freiberg et à Altenberg (Saxe) et à Reichenstein (Silésie) des établissements pour lesquels les composés arsénieux sont le véritable et l'unique but de la fabrication. Le minerai d'arsenic est, dans ce cas, le mispickel, qui n'en renferme pas moins de 45 à 75 p. 100.

Le mispickel contient, assez fréquemment, des traces d'or. On connaît, en outre, comme minerais arsénicaux, le réalgar (AsS), l'orpiment ($AsS^3$), la smaltine, la nickeline, le cobalt gris, le nickel gris, etc.; enfin l'arsenic natif.

**Statistique.** — La statistique internationale française ne men-

tionne, comme pays producteurs de minerais d'arsenic en 1890, que les Iles Britanniques, la Prusse et le Canada :

MINERAIS D'ARSENIC

| ANNÉES | ILES BRITANNIQUES | | PRUSSE | | CANADA | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Tonnes | Francs | Tonnes | Francs | Tonnes | Francs |
| 1881 | 6 248 | 182 | 442 | 74 | » | » |
| 1882 | » | » | » | » | » | » |
| 1883 | 9 000 | 163 | 225 | 74 | » | » |
| 1885 | 10 200 | 147 | 1 500 | 80 | » | » |
| 1886 | 10 100 | 101 | 670 | 82 | » | » |
| 1887 | 9 100 | 99 | 323 | 76 | » | » |
| 1888 | 10 100 | 99 | 1 200 | 76 | 26 | 240 |
| 1889 | 12 600 | 91 | 1 900 | 67 | » | » |
| 1890 | 12 600 | 130 | 2 200 | 62 | 27 | 224 |

En dehors de ces pays, nous citerons la Bohême, la Transylvanie, la Norvège et la Suède, la France, la Russie, l'Espagne, l'Italie et les Etats-Unis.

**Angleterre.** — En *Angleterre*, l'arsenic vient surtout du Devon (2 mines) et du Cornwall (12 mines). En Cornwall, la principale mine est celle de Greenhill (1 628 tonnes en 1881) ; en Devon, la mine Devon Great Consols Copper mine (2 851 tonnes). Les gisements qui fournissent, en même temps, du cuivre et parfois de l'étain, donnent du mispickel de composition moyenne (arsenic : 42,88 ; fer : 30,04 ; soufre : 21,08). On commence par calciner le minerai dans des fours tournants inclinés ; en général, on purifie ensuite le produit obtenu au moyen de sublimations successives de façon à obtenir de l'acide arsénieux très blanc.

**Bohême.** — En *Bohême*, à Joachimsthal, on traite de même, des mispickels avec lesquels on rencontre parfois de l'acide arsénieux.

**Allemagne.** — En *Allemagne*, on trouve un peu de mispickel et d'acide arsénieux dans les mines de plomb du district du Harz ; mais les véritables centres de production d'arsenic sont les mines

de galène argentifère de l'Erzgebirge Saxon (Freiberg, Altenberg, etc.). A Freiberg, on rencontre de l'arsenic natif en masses mamelonnées, formées de couches concentriques et contenant plus de 4 p. 100 d'argent. Le sulfure d'arsenic et le mispickel se présentent en divers points des filons.

L'usine de Freiberg a produit, en 1878, 1 020 tonnes de produits arsenicaux valant 354 257 francs. Cette usine fournit, en même temps, un peu de bismuth et d'alliage de plomb et d'antimoine pour caractères d'imprimerie.

**Transylvanie.** — En *Transylvanie*, on a trouvé une veine de réalgar de 0,30 de large au milieu d'un calcaire dolomitique. Près de Nagyag, le réalgar accompagne les minerais d'or et d'argent; il existe, de même, près de Felsobanya.

En même temps que le réalgar, l'orpiment se présente dans toutes ces mines de Transylvanie, parfois sous forme de masses foliacées; ailleurs, comme à Tayoba, en groupements de cristaux au milieu de l'argile.

**Norvège et Suède.** — En Norvège, on trouve des pyrites arsenicales mélangées avec du cobalt à Skutterud[1]. En Suède, il existe aussi des mispickels aux environs de Falun, près de Norköping et Nyköping, sur la côte de la Baltique et, plus au Sud, sur la même côte, à Gladhammar, où ces mispickels sont associés avec des minerais cobaltifères.

**France, etc.** — En *France*, on a trouvé de l'arsenic natif à Sainte-Marie, en Lorraine; en *Sibérie*, le même minerai se rencontre par grandes masses, ainsi qu'aux *États-Unis*, à Haver-Hill et à Jackson. En *Espagne*, l'oxyde d'arsenic est associé au cobalt dans la vallée de Gistain (Pyrénées)[2], le réalgar se trouve avec le cinabre à Oviédo dans les Asturies.

Enfin, le réalgar et l'orpiment sont connus dans le Kurdistan, en Turquie d'Asie et en Chine.

[1] Voir plus haut, page 86.
[2] Voir plus haut, page 83.

# CUIVRE

Cu; Eq = 31,75; — P. at = 63.

## USAGES ET STATISTIQUE

Les usages du cuivre sont assez connus pour qu'il soit suffisant de les rappeler ici sommairement. On utilise : soit le métal lui-même; soit ses alliages (bronze, laiton, maillechort, tombac, etc.); soit ses sels, en particulier le sulfate de cuivre.

Le cuivre proprement dit est désigné dans le commerce sous le nom de cuivre rouge; le cuivre jaune n'est autre chose que du laiton.

Le *cuivre rouge* est vendu brut, en plaques et lingots ; travaillé, en planches laminées, en barres, en tubes, en coupoles pour distilleries, raffineries, sucreries, en plaques de foyer de locomotives, en plaques de doublage pour la marine, en ceintures d'obus à balles, en fils pour l'électricité, etc.

La marine, la guerre et les installations électriques sont les trois grands consommateurs de cuivre rouge, le dernier usage ayant une tendance très notable à s'accroître.

Parmi les *alliages de cuivre*, nous citerons, avant tout, le *laiton*.

C'est un alliage de cuivre et de zinc, moins altérable à l'air que le cuivre rouge et contenant, presque toujours, de petites quantités de plomb, de fer et d'étain qui lui communiquent des qualités particulières.

Le laiton destiné au tour est composé de :

Cu = 61 à 65; Zn = 36 à 38; — Pb = 2 à 2,5; Sn = 0,20;

le plomb et l'étain sont destinés à lui donner de la sécheresse, afin qu'il ne graisse pas l'outil.

Le laiton des tréfileries, qui doit surtout être tenace, contient plus d'étain et moins de plomb :

$$Cu = 64{,}2 ; Zn = 35 ; Pb = 0{,}40 ; Sn = 0{,}40.$$

Le laiton pour le travail du marteau contient :

$$Cu = 70 ; Zn = 30.$$

Près de la moitié du laiton fabriqué en Europe est employée à la confection des épingles, fabrication représentée par une somme de 75 millions de francs (soit plus de 225 milliards d'épingles).

Parmi les autres grands usages du laiton, nous citerons le doublage des navires, les tubes (pour appareils à gaz, suspensions de lustres, de candélabres, ornementation des appartements, etc.), les fils, etc.

Le laiton est livré par les usines en planches, barres, fils et tubes.

D'autres alliages de cuivre et de zinc sont :

Le *similor;* le *métal du prince Robert,* employé pour la fabrication des faux bijoux, contenant de 80 à 88 p. 100 de cuivre et de 20 à 12 p. 100 de zinc suivant le ton de jaune plus ou moins vif qu'on veut obtenir ;

Le *chrisocale* (bijoux faux) :

$$Cu = 92 ; Zn = 6 ; Sn = 2.$$

Le *tombac ou cuivre blanc* (instruments de physique) :

$$Cu = 97 ; Zn = 2 ; As = 1.$$

Le *maillechort* ou *argentan* est un alliage de cuivre, de zinc et de nickel ayant la couleur et la sonorité de l'argent et contenant :

$$Cu = 50 ; Zn = 25 ; Ni = 25.$$

On l'utilise pour la fabrication de couverts argentés par voie galvanique ; de réflecteurs, d'ustensiles de cuisine, cafetières, plats, couverts, etc., de garnitures de couteaux et de porte-plumes, de boîtes de montres communes, d'objets de sellerie, etc. Le service de la guerre emploie des bandes de maillechort.

Le *bronze* est un alliage de cuivre et d'étain ayant les compositions suivantes :

| | Cuivre | Etain | Zinc |
|---|---|---|---|
| Bronze des canons . . . . . | 100 | 11 | |
| Bronze des cloches . . . . . | 78 | 22 | |
| Bronze des tamtams et cymbales. | 80 | 20 | |
| Alliage des télescopes. . . . . | 67 | 33 | |
| Bronze des monnaies. . . . . | 94 à 96 | 4 à 6 | 1 à 0,5 |

On en consomme pour les monnaies, cloches, statues et objets d'art, etc.

Enfin l'on fabrique des bronzes d'aluminium tenant de 5 à 10 d'aluminium et 95 à 90 de cuivre, extrêmement tenaces et susceptibles d'un beau poli.

Pour donner une idée de la proportion dans laquelle quelques-uns de ces divers produits entrent dans la consommation, nous citerons la production des usines de la Société de smétaux en 1889 :

| | |
|---|---|
| Cuivre rouge. . . . . | 9 000 tonnes. |
| Laiton. . . . . | 10 500 — |
| Maillechort. . . . . | 775 — |

Parmi les *sels de cuivre*, il en est un qui est aujourd'hui l'objet d'un commerce important, c'est le *sulfate de cuivre*. Son application, très répandue contre les maladies de la vigne, fait qu'on en consomme actuellement, par an, près de 60 000 tonnes en France. Ce sulfate est généralement obtenu, non plus comme autrefois en faisant agir directement l'acide sulfurique sur le cuivre avec brassage à l'air, mais en remplaçant, dans des piles Bunsen, le zinc par le cuivre : ce qui donne, comme sous-produit, de l'électricité livrable à très bon marché. Le sulfate sert, en outre, à chauler le blé, à produire le noir, des lilas et des violets dans la teinture ; la galvanoplastie en consomme d'assez fortes proportions.

Comme autres sels de cuivre. nous nous contenterons de citer : le *vert de Brunswick* (oxychlorure : CuCl, 3 CuO + 4 HO) employé en peinture ; le *vert de Scheele* qui est un arsénite de cuivre ; le *vert de Schweinfurt*, combinaison d'arsénite et d'acétate ; le *vert minéral*, carbonate bibasique et la *cendre bleue*, carbonate sesquibasique qui était très employé pour les papiers peints avant que l'outremer artificiel ne fût descendu à bas prix.

**PRODU**

QUANTITÉS E

| ANNÉES | FRANCE | | ILES BRITANNIQUES | | PRUSSE | | AUTRICHE | | HONGRIE | | ITALIE | | SUÈDE | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Tonnes | Fr. | Tonnes | Fr. | Tonnes | Fr. | Tonnes | Fr. | Tonnes | Fr. | Tonnes | Fr. | Tonnes | Fr. |
| 1880 | 8 649 | 17 | 52 000 | 91 | 515 400 | 33 | » | » | » | » | 32 299 | 73 | 29 300 | » |
| 1881 | 22 875 | 39 | 53 344 | 90 | 515 400 | 33 | 4 445 | 139 | 103 500 | 27 | » | » | 29 300 | » |
| 1882 | 23 966 | 35 | 52 304 | 90 | 358 850 | 32 | 4 154 | 136 | » | » | 24 100 | 82 | 25 800 | » |
| 1883 | 16 600 | 59 | 47 600 | 77 | 604 009 | 32 | 4 500 | 134 | » | » | » | » | 25 700 | » |
| 1884 | 15 000 | 67 | 43 300 | 67 | 584 000 | 38 | 6 700 | 103 | » | » | 27 500 | 80 | 24 100 | » |
| 1885 | 13 800 | 37 | 37 000 | 55 | 611 000 | 38 | 6 200 | 100 | » | » | 27 200 | 58 | 21 500 | » |
| 1886 | 10 470 | 29 | 19 000 | 55 | 487 000 | 36 | 6 100 | 103 | » | » | 25 162 | 44 | » | » |
| 1887 | 11 010 | 34 | 9 500 | 64 | 408 000 | 35 | 6 400 | 128 | » | » | 44 000 | 28 | 21 000 | » |
| 1888 | 15 006 | 23 | 15 400 | 100 | 522 000 | 41 | 6 600 | 135 | » | » | 47 000 | 34 | 19 200 | » |
| 1889 | 9 110 | 30 | 9 200 | 73 | 564 000 | 39 | 7 100 | 109 | » | » | 48 000 | 28 | 20 000 | » |
| 1890 | 12 015 | 33 | 12 300 | 57 | 588 000 | 41 | 7 500 | 113 | » | » | » | » | » | » |

**PR**

QUANTITÉS EN

| ANNÉES | FRANCE | | ALGÉRIE | | ILES BRITANNIQUES | | PRUSSE | | AUTRES PAYS ALLEMANDS | | AUTRICHE | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Tonnes | Fr. | Tonnes | Fr. | Tonnes | Fr. | Tonnes | Fr. | Tonnes | Fr. | Tonnes | Fr. |
| 1880 | 3 582 | 1 726 | » | » | 3 717 | 1 719 | » | » | » | » | 470 | 1 842 |
| 1881 | 3 395 | 1 871 | 730 | 660 | 3 933 | 1 690 | » | » | 400 | 1 771 | 482 | 1 924 |
| 1882 | 3 627 | 1 744 | 450 | 600 | 47 053 | 1 696 | 14 836 | 1 707 | 1 800 | 1 662 | 483 | 1 924 |
| 1883 | 3 257 | 1 511 | 35 | 446 | 53 800 | 1 690 | 18 200 | 1 667 | 1 800 | 1 663 | 580 | 1 974 |
| 1884 | 3 800 | 1 424 | » | » | 58 700 | 1 500 | 17 000 | 1 478 | 2 100 | 1 423 | 680 | 1 745 |
| 1885 | 3 600 | 1 183 | » | » | 67 300 | 1 218 | 18 000 | 1 202 | 3 000 | 1 368 | 600 | 1 696 |
| 1886 | 3 500 | 1 001 | » | » | 52 700 | 1 104 | 18 300 | 1 043 | 2 400 | 1 015 | 750 | 1 413 |
| 1887 | 2 100 | 1 000 | » | » | 58 400 | 1 067 | 18 800 | 1 195 | » | » | 900 | 1 480 |
| 1888 | 2 200 | 1 300 | » | » | 74 100 | 1 975 | 19 900 | 1 728 | 3 200 | 1 745 | 890 | 2 000 |
| 1889 | 1 600 | 1 553 | » | » | 76 600 | 1 370 | 21 900 | 1 390 | 3 500 | 1 417 | 860 | 1 676 |
| 1890 | 2 300 | 1 564 | » | » | 70 300 | 1 329 | 22 600 | 1 414 | 3 500 | 1 477 | 990 | 1 502 |

[1] La baisse constatée en 1890 tient à l'insuccès, bien connu, de la *Société des Métaux* dan

DE CUIVRE

EN FRANCS

| | ÉTATS-UNIS | TERRE-NEUVE | | VENEZUELA | | CHILI | | AUSTRALIE | | LE CAP | | TOTAL approximatif du monde entier |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Tonnes | Tonnes | Fr. | Tonnes | Fr. | Tonnes | Fr. | Tonnes | Fr. | Tonnes | Fr. | Tonnes |
| | » | 2 397 | » | 15 444 | » | 63 000 | » | 3 920 | » | 16 032 | » | » |
| | 32 500 | » | » | » | » | » | » | » | » | 31 476 | » | 2 446 811 |
| | » | » | » | » | » | 111 000 | » | 28 200 | » | 20 000 | » | 2 490 065 |
| | » | » | » | 32 400 | » | » | » | 21 300 | » | 23 100 | » | 2 946 000 |
| | » | 4 500 | » | 26 000 | » | » | » | 26 200 | 209 | 20 700 | 494 | 3 647 000 |
| | » | 4 800 | 108 | 39 000 | » | » | » | 20 300 | 185 | 20 500 | 487 | 3 604 000 |
| | » | 7 000 | 174 | 27 300 | » | » | » | 19 900 | » | 21 000 | 193 | 3 267 000 |
| | » | 7 600 | 23 | 19 000 | » | » | » | 13 900 | 112 | 31 400 | 230 | 3 661 000 |
| | » | 4 700 | 348 | 25 000 | » | » | » | 14 300 | 147 | 41 000 | 527 | 3 568 000 |
| | » | 3 100 | 186 | 20 000 | » | » | » | 19 600 | 125 | 33 000 | 532 | 4 271 000 |
| | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | 4 332 000 |

E

EN FRANCS

| SUÈDE | | RUSSIE | | ESPAGNE | | ÉTATS-UNIS | | CHILI | | AUSTRALIE | | TOTAL approximatif du monde entier |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Tonnes | Fr. | Tonnes | Fr. | Tonnes | Fr. | Tonnes | Fr. | Tonnes | Fr. | Tonnes | Fr. | Tonnes |
| 1 467 | » | » | » | 23 675 | 785 | 25 010 | » | 42 916 | » | 9 700 | » | 112 113 |
| 1 229 | » | » | » | 23 478 | 814 | 25 900 | » | 34 500 | » | 10 000 | 1 600 | 129 174 |
| 1 960 | » | 3 600 | » | 22 800 | 856 | 37 200 | » | 37 000 | » | 8 950 | » | 211 122 |
| 1 930 | » | 4 360 | » | 32 200 | 857 | 65 800 | 1 400 | 41 000 | » | 12 500 | » | 215 000 |
| 1 490 | » | 6 200 | » | 46 000 | 670 | 77 500 | 1 215 | 41 648 | » | 12 000 | » | 258 000 |
| 980 | » | 4 700 | » | 42 000 | 904 | 71 000 | 1 200 | 38 500 | » | 9 400 | 1 232 | 277 000 |
| 500 | » | 4 600 | » | 42 000 | 900 | 71 000 | 1 200 | 35 000 | » | 7 700 | 1 116 | 254 000 |
| 900 | » | 5 000 | » | 50 000 | 722 | 83 000 | 1 305 | 50 000 | » | 8 500 | 1 092 | 291 000 |
| 1 850 | » | 6 200 | » | 71 000 | 710 | 104 000 | 1 675 | 20 000 | » | 7 200 | 1 852 | 341 000 |
| 940 | » | » | » | » | » | 119 000 | 1 342 | » | » | 8 100 | 1 303 | 371 000 |
| » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | 349 000 [1] |

[1] des producteurs en 1889.

Le carbonate bibasique naturel, sous la forme de *malachite*, est employé comme pierre d'ornement.

Pour subvenir à la consommation de cuivre motivée par ces diverses applications, consommation qui a été, en 1890, de 314 700 tonnes dans le monde entier, il existe un certain nombre de centres de production dont un tableau ci-joint (p. 214 et 215) donne le résumé, d'après les statistiques de l'industrie minérale publiées en France.

Si nous groupons ces différents centres, d'après la production de cuivre correspondante à leurs minerais traités sur place ou exportés, par ordre d'importance en 1890, nous obtenons, pour les années 1879 à 1890, le tableau de la page 217 [1].

Les divergences qui existent entre ce tableau et le précédent tiennent surtout à ce que, dans le premier, on a compté brutalement la production de cuivre de chaque pays, quelle que fût la provenance des minerais, tandis que, dans le second, on a cherché à apprécier, pour chaque pays, la quantité de cuivre réellement extraite des minerais de ses propres mines.

En 1891, la production a été : aux Etats-Unis, de 124 179 tonnes; de 151 410 tonnes dans les autres pays ; soit, en tout, 275 589 tonnes.

Dans le troisième trimestre de 1892, à la suite d'une entente entre les mines de cuivre, la production a été : pour les États-Unis de 32 599 tonnes (2 333 tonnes de moins que le maximum autorisé); pour l'Europe, de 13 246 tonnes (8 000 tonnes de moins que le maximum).

Les importations en Europe, pendant le trimestre, ont été de 6 453 tonnes.

Dans le même temps, la consommation des cuivres en Angleterre s'est réduite de 15 839 tonnes, soit 30 p. 100, par suite d'une crise dans la construction des navires, d'une diminution dans la fabrication du sulfate de cuivre, etc.

En novembre 1892, on estime le stock de cuivre visible à 54 000 tonnes.

Entrons maintenant dans quelques détails statistiques sur les mines de chaque pays :

[1] Les données qui nous ont servi pour composer ce tableau sont empruntées aux *Mineral Resources* des Etats-Unis, 1887, p. 87; 1890, p. 59.

PRODUCTION DU CUIVRE (EN TONNES DE 1000 KILOGRAMMES)

| | 1879 | 1880 | 1881 | 1882 | 1883 | 1884 | 1885 | 1886 | 1887 | 1888 | 1889 | 1890 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| États-Unis | 23 368 | 27 432 | 32 512 | 41 114 | 52 399 | 64 572 | 75 238 | 71 081 | 82 060 | 102 671 | 102 533 | 117 520 |
| Espagne et Portugal | 33 220 | 36 042 | 39 206 | 39 394 | 44 353 | 46 907 | 48 639 | 50 458 | 53 065 | 61 326 | 56 030 | 53 030 |
| Chili | 50 099 | 43 603 | 38 607 | 43 596 | 41 757 | 42 314 | 39 116 | 36 195 | 29 616 | 31 740 | 24 638 | 26 721 |
| Allemagne | 9 140 | 10 973 | 12 946 | 15 309 | 16 461 | 15 019 | 15 494 | 14 493 | 15 113 | 15 474 | 17 628 | 18 085 |
| Japon | 3 962 | 3 962 | 3 962 | 4 877 | 7 722 | 10 160 | 10 160 | 10 160 | 11 176 | 11 176 | 15 240 | 15 240 |
| Australie | 9 652 | 9 855 | 10 160 | 8 618 | 12 467 | 14 326 | 11 582 | 9 855 | 7 823 | 7 671 | 8 433 | 7 620 |
| Cap de Bonne-Espérance | 4 397 | 4 815 | 3 522 | 5 807 | 6 071 | 5 080 | 5 537 | 6 111 | 7 366 | 7 620 | 7 823 | 6 553 |
| Venezuela (New-Quebrada) | 1 623 | 1 829 | 2 868 | 3 759 | 4 082 | 4 674 | 4 177 | 3 767 | 2 946 | 4 064 | 6 165 | 6 472 |
| Russie | 3 130 | 3 204 | 3 466 | 3 594 | 3 556 | 4 775 | 5 182 | 4 953 | 5 080 | 4 775 | 4 155 | 4 877 |
| Mexique | 406 | 406 | 338 | 407 | 497 | 296 | 381 | 864 | 2 083 | 2 810 | 3 840 | 4 369 |
| Canada | 51 | 51 | 508 | 508 | 1 072 | 240 | 2 540 | 1 463 | 1 422 | 2 286 | 2 540 | 3 099 |
| Italie | 1 158 | 1 402 | 1 504 | 1 422 | 1 626 | 1 346 | 848 | 914 | 2 540 | 2 540 | 3 356 | 3 048 |
| Terre-Neuve (Bettslove) | 1 524 | 1 524 | 1 745 | 1 524 | 1 070 | 679 | 2 780 | 1 143 | 1 199 | 2 083 | 2 657 | 1 763 |
| Norvège | 2 451 | 2 465 | 2 682 | 2 631 | 2 672 | 2 749 | 601 | 224 | 1 473 | 1 595 | 1 379 | 1 397 |
| Autriche | 263 | 509 | 482 | 482 | 581 | 681 | 594 | 559 | 711 | 1 026 | 1 245 | 1 229 |
| Grande-Bretagne (minerais nationaux) | 3 517 | 3 721 | 3 937 | 3 519 | 2 662 | 3 410 | 2 717 | 1 495 | 395 | 1 524 | 919 | 1 016 |
| Bolivie (Coro-Coro) | 2 032 | 2 032 | 2 718 | 3 311 | 1 707 | 1 524 | 1 524 | 1 118 | 1 321 | 1 473 | 1 219 | 508 |
| Hongrie | 1 026 | 914 | 813 | 672 | 672 | 624 | 512 | 508 | 508 | 860 | 305 | 305 |
| République Argentine | 305 | 305 | 312 | 813 | 298 | 162 | 237 | 183 | 173 | 152 | 193 | 152 |
| Pérou | 610 | 610 | 626 | 447 | 401 | 368 | 233 | 76 | 51 | 254 | 279 | 152 |
| Algérie | 508 | 508 | 610 | 610 | 610 | 264 | 254 | 112 | 51 | 51 | 163 | 122 |
| TOTAUX | 152 442 | 156 162 | 163 524 | 182 444 | 202 736 | 220 170 | 228 346 | 215 732 | 226 172 | 263 171 | 260 940 | 273 278 |

La répartition entre les diverses parties du monde est la suivante :

| | 1879 | 1880 | 1881 | 1882 | 1883 | 1884 | 1885 | 1886 | 1887 | 1888 | 1889 | 1890 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Amérique du Nord[1] | 25 949 | 29 413 | 35 104 | 43 354 | 55 03 | 65 786 | 78 949 | 74 560 | 86 764 | 109 850 | 111 570 | 126 77 |
| Europe. . | | | | | | | | | | | | |
| Amérique | 54 725 | 60 320 | 66 046 | 67 845 | 73 327 | 74 228 | 76 036 | 76 438 | 80 512 | 89 985 | 86 200 | 83 81 |
| du Sud . | 54 676 | 48 378 | 45 099 | 51 926 | 48 245 | 49 041 | 45 286 | 40 729 | 34 107 | 37 683 | 31 495 | 33 82 |
| Asie. . . | 3 962 | 3 962 | 3 962 | 4 877 | 7 722 | 10 160 | 10 160 | 10 160 | 11 176 | 11 176 | 15 240 | 15 24 |
| Australie. | 9 652 | 9 855 | 10 160 | 8 648 | 12 467 | 14 326 | 11 582 | 9 835 | 7 823 | 7 671 | 8 433 | 7 62 |
| Afrique . | 4 905 | 5 323 | 4 132 | 6 417 | 6 680 | 5 344 | 5 791 | 6 223 | 7 418 | 7 671 | 7 986 | 6 67 |

Aux *États-Unis*, la production se divise, entre les diverses régions métallifères, comme le montre le tableau ci-dessous :

PRODUCTION DU CUIVRE (EN TONNES DE 1000 KILOGRAMMES)

| | 1882 | 1883 | 1884 | 1885 | 1886 | 1887 | 1888 | 1889 | 1890 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Montana. . . . . | 4 123 | 11 226 | 19 615 | 30 859 | 26 223 | 35 821 | 44 476 | 44 707 | 51 425 |
| Lac Supérieur . . . | 25 937 | 27 275 | 31 568 | 32 839 | 36 831 | 34 605 | 38 860 | 39 307 | 45 856 |
| Arizona . . . . . | 8 385 | 10 867 | 12 168 | 10 335 | 7 126 | 8 066 | 14 473 | 14 277 | 15 858 |
| Utah. . . . . | 276 | 155 | 120 | 57 | 227 | 1 138 | 970 | 29 | 457 |
| Colorado. . . . . | 680 | 823 | 916 | 521 | 185 | 915 | 738 | 532 | 402 |
| Californie . . . . . | 375 | 729 | 399 | 213 | 195 | 728 | 715 | 69 | 10 |

Dans le Montana, qui a pris la tête depuis quelques années, la principale mine est celle de l'Anaconda C°.

Dans la région du Lac Supérieur, nous avons, par ordre d'importance [2].

| | 1882 | 1883 | 884 | 1885 | 1886 | 1887 | 1888 | 1889 | 1890 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Calumet and Hecla . | 14 589 | 15 078 | 18 422 | 21 506 | 22 995 | 20 945 | 22 893 | 22 152 | 27 250 |
| Quincy . . . . . | 2 577 | 2 736 | 2 571 | 2 661 | 2 680 | 2 550 | 2 898 | 2 915 | 3 670 |
| Franklin . . . . . | 1 485 | 1 582 | 1 706 | 1 823 | 1 941 | 1 780 | 1 664 | 1 978 | 2 566 |
| Osceola . . . . . | 1 901 | 1 947 | 1 930 | 862 | 1 621 | 1 627 | 1 891 | 2 064 | 2 409 |
| Atlantic. . . . . | 1 080 | 1 221 | 1 439 | 1 642 | 1 594 | 1 657 | 1 809 | 1 693 | 1 647 |
| Central . . . . . | 616 | 577 | 638 | 989 | 1 143 | 1 061 | 827 | 578 | 643 |
| Allouez . . . . . | 758 | 796 | 867 | 988 | 785 | 403 | 142 | 802 | 640 |

Les frais d'extraction moyens ont été les suivants, en 1890 :

[1] Comprenant, outre les États-Unis, le Canada, Terre-Neuve et le Mexique.

[2] *Mineral Resources*, 1890, p. 59.

| ÉTATS | TENEUR en cuivre | FRAIS par tonne de cuivre | FRAIS par tonne de minerai |
|---|---|---|---|
| | p. 100 | Francs | Francs |
| Michigan . . . . . | 1,797 | 900 | 16,00 |
| Montana. . . . . | 7,002 | 350 | 23,80 |
| Arijona . . . . . | 10,079 | 382 | 38,32 |

Il faut ajouter les frais de broyage, fusion, raffinage, etc., montant, dans le Montana, à 1 150 francs par tonne, mais en déduire la valeur de l'argent contenu.

En *Espagne et Portugal*, la région qui produit le cuivre est la province d'Huelva et la partie contiguë de l'Alemtéjo avec les mines de :

| | 1879 | 1880 | 1881 | 1882 | 1883 | 1884 | 1885 | 1886 | 1887 | 1888 | 1889 | 1890 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Rio Tinto. . . . | 13 971 | 16 474 | 16 933 | 17 667 | 20 800 | 21 909 | 23 860 | 25 095 | 27 090 | 32 512 | 29 972 | 30 480 |
| Tharsis. . . . . | 11 505 | 9 297 | 10 366 | 9 144 | 9 937 | 10 973 | 11 684 | 11 176 | 11 176 | 11 684 | 11 176 | 10 465 |
| San Domingos (Mason et Barry) | 4 768 | 6 709 | 8 301 | 8 1:8 | 8 128 | 7 620 | 7 112 | 7 112 | 7 112 | 7 112 | 5 334 | 5 690 |
| Poderosa . . . . | 81 | 813 | 813 | 813 | 1 016 | 2 287 | 2 463 | 2 617 | 4 470 | 4 064 | 4 064 | 8 128 |
| Sevilla. . . . . | 1 382 | 1 732 | 1 261 | 1 915 | 2 058 | 2 032 | 1 829 | 2 169 | 2 337 | 1 727 | 1 880 | 884 |

Tandis que les mines des Etats-Unis et de l'Espagne sont en progression constante, celles du *Chili* ont baissé de près de moitié, de 1879 à 1889. L'une des plus importantes est le Cerro de Tamaya. On peut encore citer Copiapo, Panulcillo. Les principales fonderies sont Lota et Guyacan, puis Coronel, la Serena, etc... En 1889 et 1890, la guerre civile a eu pour effet de diminuer notablement les exportations de cuivre de ce pays. En 1891, la production n'a même été que de 16 000 tonnes.

La presque totalité de la production *allemande* vient du Mansfeld où les minerais, à faible teneur en cuivre, sont en même temps argentifères. C'est ce qui résulte d'un tableau suivant (p. 220).

Dans le reste de l'Allemagne, on doit compter, tout d'abord, les mines du Harz (Rammelsberg, etc...); dans le N.-O. du Nassau, à Dillenbourg, il y a eu quelques exploitations de cuivre.

| | 1879 | 1880 | 1881 | 1882 | 1883 | 1884 | 1885 | 1886 | 1887 | 1888 | 1889 | 1890 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Mansfeld . . . . | 8534 | 9957 | 11175 | 11721 | 12836 | 12783 | 12649 | 12797 | 13223 | 13594 | 15748 | 16053 |
| Reste de l'Allemagne. . . . | 615 | 1016 | 1771 | 3609 | 3645 | 2032 | 2845 | 1900 | 1880 | 1880 | 1880 | 2032 |

Le *Japon* est en progression rapide ; il a passé de 3 900 tonnes, en 1879, à 11 000 en 1887 et 15 000 en 1890.

C'est, en Asie, le seul pays qui fournisse du cuivre. Les mines les plus importantes sont au Nord de Nippon, dans la province de Rikuchu et dans l'île de Shikoku [1]. La principale est celle d'Ashio (150 kilomètres Nord de Tokio), qui donne, à elle seule, plus de la moitié de la production de l'empire (8 000 tonnes de cuivre). Cette mine exploite une colonne riche d'un filon. Le minerai brut tient 18 p. 100 de cuivre. Le nombre des ouvriers est de 10 000 [2].

En *Australie* [3], la production de cuivre a été, en 1889, de 13 millions de francs :

| | |
|---|---|
| Australie méridionale . . . . . | 7 382 000 tonnes. |
| Nouvelle-Galles du Sud. . . . . | 5 166 000 — |
| Queensland . . . . . | 300 000 — |

Dans l'Australie méridionale, la mine de cuivre, Burra-Burra, a été ouverte en 1842, fermée en 1877 et a donné, dans cet intervalle, 120 millions de cuivre, 20 millions de dividendes.

La mine Wallaroo a produit, de 1860 à 1887, pour 51 millions de minerai à 10 p. 100 ; la mine Moonta, de 1861 à 1886, pour 112 millions. En 1887, la mine Moonta a donné environ 5 000 tonnes de cuivre (9 170 tonnes de minerai à 21 1/2 p. 100 de cuivre, dans la seconde moitié de l'année).

Dans la Nouvelle-Galles du Sud, la mine la plus importante a été Great-Cobar qui, de 1876 à 1889, date de sa fermeture, a donné 23 000 tonnes de cuivre raffiné.

Au *Cap de Bonne-Espérance*, les minerais sont produits princi-,

[1] Voir Davies, p. 162.

[2] *Ann. d. M.*, 9e, t. I, 385, 1892. (Note de M. de Billy.)

[3] *Ann. d. M.*, 9e, t, I, p. 384.

palement par la « Cape Copper Mining Company », qui les fond dans ses usines en Angleterre. On cite surtout les gisements du Namaqualand : Okatiep près de Springbok et Spectakee.

Au *Venezuela*, le gisement important est celui de Quebrada.

La *Russie* produit du cuivre : 1° dans le gouvernement de Perm; 2° dans l'Oural (Medjnoroudiansk, Bogoslovsk, etc.); 3° au Caucase (Kiadébek, etc...); 4° dans l'Altaï. Sa production, de 1879 à 1887, a passé de 30 00 à 50 00 tonnes.

Voici d'ailleurs les chiffres :

| ANNÉES | OURAL | CAUCASE | KIRGHISES | ALTAI | FINLANDE | TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Tonnes | Tonnes | Tonnes | Tonnes | Tonnes | Tonnes |
| 1879 | 1 308 | 820 | 509 | 478 | 38 | 3 153 |
| 1884 | 3 199 | 1 459 | 575 | 400 | 194 | 5 827 |
| 1887 | 2 717 | 1 880 | 4 | 270 | 203 | 5 074 |
| 1888 | 2 613 | 1 556 | 5 | 303 | 205 | 4 682 |
| 1889 | 2 632 | 1 509 | 5 | 351 | 384 | 4 881 |

Les mines de l'Altaï, dont nous ne reparlerons pas, sont surtout Tschoudak et Songatof. Elles appartiennent à l'Etat et sont depuis longtemps en perte, mais la construction du chemin de fer transsibérien pourra leur redonner de la vie. Celles de Finlande sont à Pitkarant, dans le gouvernement de Viborg. Dans l'Oural, les seules vraiment prospères sont celles de Bogoslovsk; nous décrirons, en outre, plus loin, celles de Nijni Taguil [1]; dans le Caucase, celles de la Compagnie Siemens à Kiadébek donnent des bénéfices, après avoir exigé une mise de fonds considérable [2].

La production *mexicaine* provient surtout de la basse Californie, c'est-à-dire des mines du Boleo, qui ont pris, depuis 1887, un grand développement.

Au *Canada*, la production de cuivre augmente assez fortement sur le rivage Nord du lac Supérieur depuis 1885; en particulier par le fait de la Canadian Copper C° de Sudbury (Ontario).

En *Italie*, les gisements du Monte-Catini ont aujourd'hui une production très faible.

[1] Voir plus loin, page 247.

[2] Cf. *Ann. d. M.*, 1892, t. I, p. 267. Voir plus loin, page 247.

A *Terre-Neuve*, les gisements sont à Bettslove.

En *Scandinavie*, le cuivre est extrait des pyrites de Röraas, Vignaes, Falun, etc.

L'*Autriche* produit un peu de cuivre.

La *Hongrie* en extrait de ses mines du Banat, etc.

L'*Angleterre* qui est, comme nous le dirons, le centre du commerce du cuivre, extrait, de ses propres mines, en particulier du Cornwall, une quantité de plus en plus faible de ce métal : 1 471 tonnes en 1886 ; des minerais de cuivre se trouvent, en Angleterre, dans les grès du Cheshire et de Salop, les calcaires de Salop, du Northwales, du Staffordshire et du Derbyshire ; enfin, aux mines Parys, à Anglesea.

La production de la *Bolivie* est représentée par la grande mine de Corocoro.

L'*Algérie* a produit, en 1888, 15 000 tonnes de pyrite cuivreuse mélangées de blende et de galène. La majeure partie vient de Kef-Oum-Theboul. Une concession de cuivre à Tadergount, dans le département de Constantine, est encore à peine installée.

En dehors de l'Algérie, le *France* ne produit pas de cuivre ; quelques gisements ont été exploités à diverses reprises à la Prugne (Allier), à Chessy, en Corse, dans les Basses-Pyrénées, à Cerisier (Alpes-Maritimes), mais ont dû être abandonnés.

La *Nouvelle-Calédonie* en extrait environ 300 tonnes, provenant des mines de Nemon et de Pilou, dans la région du Diahot.

Le *Pérou*, qui produisait 2 800 tonnes de cuivre avant la guerre de 1879, est tombé à 50 en 1887 ; les minerais se trouvent presque tous dans la province d'Ica.

## COMMERCE DU CUIVRE

Les minerais de cuivre, dont nous venons d'énumérer les principaux gisements dans le monde, étaient autrefois souvent traités sur le point d'extraction ; avec le développement de l'emploi des combustibles minéraux, il s'est produit, au contraire, une tendance de plus en plus marquée à la concentration des minerais en des ports de mer reliés à de grands bassins houillers. La

majeure partie est aujourd'hui transportée : soit en Angleterre à Swansea, etc., où est, depuis longtemps, le principal marché du cuivre; soit en France, où l'on a fait, dans ces dernières années, des efforts sérieux pour développer cette industrie; en Belgique, à Hemixen, près d'Anvers; à Hambourg, etc. Les Etats-Unis, qui étaient jadis pour l'Angleterre un client important, se sont mis, depuis quelque temps, à traiter eux-mêmes leurs minerais.

Le marché du cuivre pour l'Europe est surtout en Angleterre et en France. L'Allemagne et la Russie, qui exportent un peu, importent également d'Angleterre.

Il est facile de comprendre la raison de cette localisation commerciale :

Les usines à cuivre anglaises et, dans une mesure moindre, toutes celles de l'Europe occidentale, achètent l'unité métallique contenue dans les minerais [1], à des prix très élevés, dès que la teneur s'élève à 25 p. 100 et lorsque les minerais ne renferment aucun principe nuisible à la qualité finale du métal, tel que l'arsenic et l'antimoine. Cela tient au besoin qu'elles ont de minerais riches et purs pour la composition de certains lits de fusion complexes.

Le bénéfice que peut faire une usine placée en dehors de l'Angleterre en traitant directement des minerais de cuivre à teneur élevée résulte donc presque uniquement de l'économie réalisée sur les transports, chaque fois que le marché du produit de l'usine est le marché anglais ou même, jusqu'à un certain point, les marchés français, belge ou allemand. Or, ce bénéfice est rapidement compensé, et généralement bien au delà, par la plus-value des combustibles en dehors de l'Angleterre ou de quelques districts privilégiés de la France, de la Belgique et de l'Allemagne.

Aussi peut-on affirmer qu'il est, pour chaque district minier, un maximum de teneur, obtenu soit par voie d'enrichissement mécanique dans le minerai même, soit par voie métallurgique dans une matte, au delà duquel il y a tout intérêt à vendre le minerai, enrichi ou concentré, aux usines anglaises.

[1] Les achats se font, à Swansea, d'après des essais par voie sèche qui, pour les minerais pauvres, occasionnent généralement des pertes très fortes. (*Ann. d. M.*, 5e série, t. XIII.)

Pour le bassin de l'Océan Atlantique, ce maximum est, en Europe, de 12 à 15 p. 100; il est de 17 à 20 p. 100 pour le bassin méditerranéen; et ainsi de suite : la teneur s'élevant à mesure que l'on s'éloigne de la mer.

On ne peut donc songer à installer une usine sur place que lorsqu'on est en présence de quantités très grandes de minerai à faible teneur et encore cette usine n'est-elle généralement qu'un atelier d'enrichissement.

La conséquence naturelle de cette sorte de monopole qu'a la compagnie des fondeurs anglais pour le commerce du cuivre a été d'amener, au détriment des mines, la dépréciation des minerais et de permettre d'obtenir, dans le prix du métal lui-même, des variations brusques aussi nuisibles aux industriels que favorables aux spéculateurs.

L'histoire du commerce du cuivre depuis vingt ans a été la suivante :

Si l'on remonte vers 1870, la consommation de ce métal n'était encore que d'environ 100 000 tonnes; le Chili était alors le principal centre de production avec l'Allemagne, Rio-Tinto, etc.; le prix du cuivre oscillait entre 2 000 et 2 300 francs.

Depuis 1873, le développement énorme de l'industrie cuprifère dans la province d'Huelva ainsi que dans l'Amérique du Nord (où les minerais avaient l'avantage d'être très riches et argentifères au voisinage de la surface), a amené une dépréciation progressive dont le tableau ci-après, qui résume la valeur moyenne du cuivre en Angleterre, de 1880 à 1890, permettra de juger :

| ANNÉES | BARRES DU CHILI | MINERAI à 25 p. 100 par unité | CUIVRE précipité par unité |
|---|---|---|---|
| 1880 | 1 552,50 | 16,00 | 16,14 |
| 1881 | 1 537,50 | 15,62 | 16,08 |
| 1882 | 1 671,25 | 16,87 | 17,27 |
| 1883 | 1 582,29 | 15,45 | 16,04 |
| 1884 | 1 361,30 | 12,10 | 14,80 |
| 1885 | 1 101,04 | 10,41 | 11,26 |
| 1886 | 1 011,56 | 9,68 | 10,32 |
| 1887 | 1 096,14 | 10,62 | 11,14 |
| 1888 | 1 998,80 | 17,70 | 20,30 |
| 1889 | 1 341,50 | 11,83 | » |
| 1890 | 1 356,75 | 12,30 | » |

Ce tableau met en évidence la baisse considérable qui se produisit dans le prix du cuivre jusqu'en 1887; il en résulta, dans cette année-là, une diminution assez forte de la production des mines et, par suite, une réduction des stocks qui atteignit 20 000 tonnes dans l'année. A ce moment, un incendie qui fit arrêter, pour quelque temps, la principale mine du lac Supérieur, Calumet and Hekla produisant près de 50 000 tonnes par an, donna l'idée d'une vaste spéculation ayant pour but, en accaparant le cuivre, d'en faire monter le prix et d'en ramener le marché en France.

En effet, à la fin de décembre 1887, on était arrivé à conduire le cuivre au prix de 2 140 francs, soit exactement au double de la valeur fin décembre 1886.

Pendant toute l'année 1888, le prix du cuivre resta très élevé; mais, en janvier 1889, les cours s'effondrèrent tout à coup et retombèrent à peu près à leur ancien taux. Depuis ils se sont élevés peu à peu, en raison de l'épuisement des stocks visibles. En novembre 1892, on cote à Paris :

| | |
|---|---|
| Cuivre du Chili en barres. Premières marques . . . . . | 1 225 |
| — minerai de Corocoro (les 1 000 k. de cuivre contenu) . | 1 225 |
| — rouge en planches. . . . . | 1 625 |
| — rouge en fils . . . . . | 1 900 |
| — rouge en tuyaux sans soudures. . . . . | 2 050 |
| — jaune en feuilles et fils. . . . . | 1 525 |
| — jaune en tuyaux sans soudure . . . . . | 1 800 |

Nous allons maintenant donner, pour les divers pays, quelques renseignements statistiques sur le mouvement des minerais de cuivre et du cuivre métallurgique.

**Angleterre**[1]. — Les importations se décomposent en minerais proprement dits, pyrites cuivreuses, cuivre précipité et régule, cuivre en lingots et barres; voici les chiffres correspondant à chacun de ces éléments :

1° *Minerais.* — L'importation, en 1887, est résumée par un tableau suivant[1] :

[1] *Mineral statistics of great Britain* et *Mineral Resources* des Etats-Unis, 1887, p. 90; 1890, p. 75.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Italie | 9 234 t. | à 113 | francs. |
| Venezuela | 17 835 | — 89 | — |
| Bolivie | 315 | — 225 | — |
| Chili | 453 | — 429 | — |
| Cap de Bonne-Espérance | 30 602 | — 270 | — |
| Canada | 3 453 | — 162 | — |
| Etats-Unis[1] | 224 | — 392 | — |
| Autres pays | 27 531 | — 137 | — |
| | 89 647 t. | | |

Ces 89 647 tonnes, d'une teneur moyenne de 16,89 p. 100, contenaient 15 148 tonnes de cuivre, contre 13 749 tonnes en 1886. En 1890, il a été importé 18 000 tonnes de cuivre à l'état de minerais.

2° *Pyrites.* — L'importation a été, en 1886, de 556 988 tonnes, ainsi réparties :

| | | |
|---|---|---|
| Espagne | 521 718 | tonnes. |
| Portugal | 28 656 | — |
| Norvège | 4 117 | — |
| Autres pays | 2 497 | — |
| | 556 988 | — |

Après calcination de ces pyrites, 393 699 tonnes ont donné, par le procédé Claudet, 14 380 tonnes de cuivre, 50 kilogrammes d'or et 8 848 kilogrammes d'argent.

3° *Cuivre précipité et régule.* — Les importations ont été, dans ces dernières années :

| | 1886 | | 1887 | 1888 | 1889 | 1890 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | MINERAIS | CUIVRE OBTENU | CUIVRE OBTENU | | | |
| Espagne | 39 285 | 24 417 | 25 150 | 30 601 | 28 608 | 28 466 |
| Portugal | 6 764 | | | | | |
| Etats-Unis | 13 315 | 11 026 | 15 280 | 21 084 | 27 006 | 19 199 |
| Chili | 1 662 | 749 | 729 | 746 | 1 950 | 2 156 |
| Autres pays | 5 324 | 1 798 | 2 329 | 4 432 | 6 537 | 8 462 |
| TOTAUX | 66 350 | 37 990 | 43 488 | 56 863 | 64 101 | 58 283 |

[1] En 1884, l'importation des États-Unis était de 31 316 tonnes; elle est tombée jusqu'à zéro en quelques années.

*4° Cuivre en lingots et en barres.*

| | 1887 | 1888 | 1889 | 1890 |
|---|---|---|---|---|
| Chili | 17 796 | 21 879 | 17 913 | 20 031 |
| Australie | 5 499 | 5 484 | 5 656 | 5 441 |
| Etats-Unis | 2 045 | 4 755 | 3 860 | 1 289 |
| Autres pays | 4 193 | 13 198 | 11 761 | 23 491 |
| TOTAUX | 29 533 | 45 316 | 39 190 | 50 252 |

En additionnant, on trouve, pour les importations de cuivre en Angleterre dans ces dernières années :

| | 1886 | 1887 | 1888 | 1889 | 1890 |
|---|---|---|---|---|---|
| Cuivre en minerais | 13 967 | 15 390 | 19 763 | 22 575 | 18 288 |
| — en pyrites | 14 127 | 15 179 | 15 695 | 16 355 | 16 685 |
| — précipité | 19 632 | 22 168 | 26 788 | 25 512 | 25 972 |
| — régule | 18 358 | 22 336 | 30 075 | 38 589 | 32 302 |
| — en lingots et en barres | 43 657 | 29 665 | 45 317 | 39 193 | 50 252 |
| TOTAUX | 109 741 | 104 738 | 137 638 | 142 224 | 143 499 |

Si l'on décompose maintenant cette importation de cuivre à Liverpool, Swansea et Londres, entre les principaux pays producteurs, on obtient, en laissant de côté environ 10 000 tonnes de cuivre précipité importées à Newcastle et Cardiff sur lesquelles les renseignements font défaut :

| | 1886 | 1887 | 1888 | 1889 | 1890 |
|---|---|---|---|---|---|
| Espagne et Portugal | 30 037 | 33 660 | 37 522 | 39 094 | 40 695 |
| Chili | 27 625 | 20 328 | 24 871 | 22 423 | 23 276 |
| Etats-Unis | 13 699 | 16 799 | 26 142 | 31 221 | 20 494 |
| Japon | 3 629 | 203 | 4 541 | 2 563 | 10 845 |
| Cap de Bonne-Espérance | 7 192 | 8 403 | 8 970 | 11 691 | 10 086 |
| Australie | 10 258 | 6 144 | 6 854 | 6 386 | 6 666 |
| Venezuela (New-Quebrada) | 3 104 | 2 297 | 3 651 | 4 368 | 5 329 |
| Mexique | 246 | 62 | 161 | 4 001 | 3 378 |
| Italie | 903 | 1 072 | 1 075 | 1 060 | 968 |
| Terre-Neuve | 3 962 | 2 641 | » | » | » |
| TOTAUX | 100 655 | 91 609 | 113 787 | 122 807 | 121 737 |

[1] Y compris 1 170 tonnes de barres du Chili transportées de France en Angleterre.

La balance des importations et des exportations s'établit de la manière suivante :

| | Importations | Exportations | Consommation apparente |
|---|---|---|---|
| 1860 . . . . . | 27 287 | 26 535 | 752 |
| 1870 . . . . . | 58 673 | 54 768 | 3 905 |
| 1880 . . . . . | 94 218 | 60 434 | 33 744 |
| 1886 . . . . . | 109 845 | 61 478 | 48 367 |
| 1887 . . . . . | 104 738 | 70 665 | 34 073 |
| 1888 . . . . . | 137 638 | 73 219 | 64 419 |
| 1889 . . . . . | 142 223 | 76 837 | 65 386 |
| 1890 . . . . . | 146 557 | 91 183 | 55 374 |

La consommation de l'Angleterre est de 60 à 70 000 tonnes.

**France.** — La production de cuivre en *France* n'est aucunement comparable avec celle de l'Angleterre ; en 1887 et 1888, on a traité environ 5 000 tonnes de minerai donnant 2 200 tonnes de cuivre ; en 1890, 6 000 tonnes donnant 2 300 tonnes de cuivre. La fabrication du cuivre, au moyen de minerais du Chili, de Bolivie, etc., se fait surtout dans le Pas-de-Calais et, en proportion moindre, dans la Loire-Inférieure ; puis à Florimont (Ardennes), Biache Saint-Waast et Vaucluse. Il existe, en outre, un assez grand nombre d'usines recevant des minerais à un état d'élaboration plus ou moins avancé et livrant du cuivre fabriqué : en particulier, celles de l'ancienne Société des métaux à Déville, près Rouen (Seine-Inférieure) ; à Givet (Ardennes) ; Sérifontaine (Oise) ; Bornel (Oise) ; Saint-Denis, près Paris, etc.

Les importations de cuivre (ou laiton) en France ont atteint, en 1888, 48 158 tonnes contre 6 250 tonnes exportées, soit 41 968 restées en France ; mais cette année était exceptionnelle par suite des efforts qui ont été faits, à ce moment, par un syndicat pour attirer en France le marché du cuivre. En 1890, on a eu 29 870 tonnes importées, contre 5 060 exportées. Précédemment, on avait : en 1879, 24 706 contre 3 300 ; en 1880, 25 210 contre 4 173 ; en 1881, 29 144 contre 4 293 ; en 1886, 23 226 contre 5 051. La consommation, année moyenne, peut, par suite, être évaluée à environ 25 000 tonnes.

**Etats-Unis.** — Aux Etats-Unis, la production et l'importation du cuivre sont représentées par les chiffres suivants[1] :

| ANNÉES | PRODUCTION des mines américaines | CUIVRE DES MINERAIS importés | CUIVRE DU RÉGULE ET CUIVRE NOIR importé | VIEUX CUIVRE à retravailler importé | TOTAL APPROXIMATIF |
|---|---|---|---|---|---|
| | Tonnes | Tonnes | Tonnes | Tonnes | Tonnes |
| 1886 | 71 081 | 1 390 | » | 16 | 73 000 |
| 1887 | 82 060 | 1 682 | » | 18 | 83 000 |
| 1888 | 102 671 | 2 085 | 2 | 16 | 105 000 |
| 1889 | 102 533 | 1 621 | 26 | 8 | 104 000 |
| 1890 | 117 520 | 1 542 | 95 | 122 | 120 000 |

Les exportations ont été :

| | 1887 | 1888 | 1889 | 1890 |
|---|---|---|---|---|
| Minerai et matte. . . | 25 464 | 40 408 | 46 596 | 24 759 |
| Lingots, barres, etc. | 5 290 | 13 600 | 7 100 | 4 400 |

En 1890, les Etats-Unis ont produit 117 520 tonnes, dont ils ont consommé 88 000 tonnes et exporté 29 000 tonnes.

On arrive donc à répartir ainsi la consommation moyenne :

| | |
|---|---|
| Etats-Unis . . . . . | 90 000 tonnes. |
| Angleterre. . . . . | 70 000 — |
| France . . . . . | 25 000 — |
| Allemagne. . . . . | 30 000 — |
| Autres pays . . . . . | 105 000 — |
| | 300 000 — |

Quant aux *stocks de cuivre* disponibles, stocks sur lesquels on n'est nécessairement qu'imparfaitement renseigné, ils ont été :

| 1er JANVIER 1889 | 1er JANVIER 1890 | | 1er JANVIER 1891 | | 1er JUIN 1892 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Tonnes | Tonnes | | Tonnes | | Tonnes | |
| 104 000 | États-Unis. | 29 200 | Etats-Unis. | 34 300 | | |
| | Europe . . | 100 800 | Europe . . | 63 200 | Europe. | 53 965 |
| | | 130 000 | | 97 500 | | |

[1] La proportion de cuivre et de laiton travaillé importée est presque insignifiante.

La progression étonnamment rapide des mines américaines passant, en dix ans, de 1880 à 1890, de 27 000 tonnes à 117 500 aurait certainement eu une influence encore plus grande sur le marché, si, dans la même période, l'Amérique du Sud n'avait pas restreint sa production, presque nulle aujourd'hui au Pérou, en République Argentine, faible à Corocoro et à peu près complètement suspendue au Chili, de 1889 à 1891, par la révolution.

## MINERAIS DE CUIVRE

Les minerais de cuivre sont :

1° Le *cuivre natif* (lac Supérieur, Corocoro, etc.) ;

2° Les oxydes, carbonates, etc... (Boléo, Oural) ; tels que la *cuprite* $Cu^2O$, la *malachite* $H^2\,Cu^2\,CO^5$, l'*azurite* $H^2\,Cu^3\,C^2\,O^8$, etc.

3° Les minerais sulfurés, considérés comme purs lorsqu'ils ne renferment que du cuivre ou du fer ; comme impurs quand, à ces métaux, s'ajoutent l'arsenic, l'antimoine, le plomb à forte dose, le zinc au delà d'une certaine limite.

Les minerais sulfurés purs sont : surtout la *chalcopyrite* ($Cu^2S\,Fe^2\,S^3$ ; 34 p. 100 de cuivre), puis la *phillipsite* ($3Cu^2\,S,\,Fe^2\,S^3$ ; 55, 6 p. 100 de cuivre), enfin la *chalcosine* ($Cu^2S$ ; 79, 8 p. 100 de cuivre), généralement en petite quantité.

Les minerais impurs sont : les *cuivres gris* tenant de 15 à 48 p. 100 de cuivre avec de l'arsenic, de l'antimoine, du fer et souvent une assez forte proportion d'argent ; tels que la *panabase*, la *freibergite*, la *tennantite* etc. ; la *bournonite* ($3\,Cu^2\,S,\,Sb^2\,S^3 + 2PbS\,Sb^2S$), minerai assez rare, mais recherché pour sa richesse habituelle en argent, etc

## GÉOGÉNIE DU CUIVRE

Avec l'étain, nous avons eu affaire à un métal dont la relation habituelle avec une roche éruptive, la granulite, n'est pas douteuse. Avant d'aborder des corps, comme le plomb ou le zinc, le plus souvent isolés dans des fractures profondes de l'écorce à une grande

distance des roches qui peuvent les avoir fournis, nous allons nous trouver, pour le cuivre, dans un cas intermédiaire, le cas des *gîtes de départ*. Les gisements de cuivre inclus à proprement parler dans une roche éruptive sont assez rares, nous n'en citerons guère que quelques exemples dans des serpentines ou gabbros; mais on trouve, en outre et si fréquemment, les minerais de cuivre concentrés au voisinage immédiat ou même au contact de roches comme les mélaphyres, les diorites, les diabases, etc., qu'il est bien permis de supposer qu'originellement ils en proviennent. Les roches en relation avec le cuivre ne sont plus des roches acides comme celles qui contenaient l'étain, mais bien des roches basiques, le plus souvent des roches magnésiennes, parfois des roches ferrugineuses et ces roches correspondent à une phase postérieure de l'activité éruptive, à un second stade d'ascension du magma interne. En même temps, au lieu des chlorures, nous avons, comme minéralisateurs, des sulfures; si nous nous reportons à l'ordre de dégagement des fumerolles volcaniques, tel qu'il a été établi par MM. Sainte-Claire Deville et Fouqué, nous pouvons présumer que le *départ* du cuivre, plus accentué que pour l'étain, tient à ce qu'il est sorti de la roche en ignition, alors qu'elle était déjà plus refroidie, alors que les chlorures avaient fini de se dégager. Le plomb et le zinc correspondraient, dans cette hypothèse, au moment du refroidissement presque complet, au commencement de la période des solfatares et des mofettes, et c'est pourquoi, au lieu de rester concentrés dans des fissures réticulées au voisinage d'une roche, ils n'ont pu s'élever à travers l'écorce terrestre que par les grandes fractures qui ont terminé chaque période de plissement : d'où leur allure typique en filons concrétionnés.

Cette forme nettement filonienne, nous la trouverons d'ailleurs également pour le cuivre, comme nous l'avions rencontrée même pour l'étain, mais à un degré plus prononcé que pour ce dernier métal: le cuivre est déjà l'un des éléments des filons concrétionnés complexes [1], et parfois il y domine.

[1] Le *cuivre* a été constaté *dans quelques eaux minérales* (Teplitz, Mondorf, etc.) ainsi que dans les dépôts cuivreux d'un grand nombre de sources; M. Dieulafait l'a retrouvé dans les eaux-mères des marais salants, dans toute la formation primordiale, dans les dolomies et marnes noires qui accompagnent le gypse. Dans les eaux-mères des marais salants, on peut constater sa présence sur 5 centimètres cubes. Il y a cependant

Enfin les sels de cuivre étant facilement solubles, nous aurons à étudier des gisements importants de cuivre sous la forme sédimentaire, gîtes nettement contemporains du terrain encaissant.

Il est nécessaire, avant d'aller plus loin, de comparer à cette théorie celle qui a été souvent adoptée en Allemagne et dont von Groddeck s'est fait l'interprète autorisé.

Pour lui, comme pour nous, il y a relation entre le remplissage des filons métallifères et les roches éruptives et cette relation tient à ce que les éléments du remplissage ont été empruntés à la roche correspondante par la circulation des eaux ; la présence dans la roche des éléments métalliques à un état de division extrême en est la preuve ; mais il a une tendance à considérer cette sécrétion comme s'étant faite très postérieurement à l'éruption et indépendamment d'elle, simplement par lessivage superficiel des minéraux cristallisés, tandis que, pour nous, elle est un corollaire de la venue éruptive et une conséquence des fumerolles qui l'ont accompagnée [1].

Avec le cuivre, nous avons également à aborder un autre ordre de questions. Quelle est l'origine des modifications que l'on constate, d'une façon générale, dans la hauteur d'un filon, modifications incontestablement liées au voisinage de la surface et disparaissant en profondeur? Ces modifications ont-elles pu quelquefois se produire au moment même du remplissage du filon ou sont-elles toujours, comme cela est incontestable dans bien des cas, le résultat d'actions très postérieures, en particulier de l'introduction, jusqu'à une certaine zone dite hydrostatique, des eaux superficielles?

Assurément, la première hypothèse n'a rien d'invraisemblable et qui ne se puisse concevoir à priori ; le milieu interne étant, comme tout nous l'indique, un milieu réducteur, il a dû, lorsque les eaux métallifères, qui en provenaient, se sont élevées jusqu'à la zone où pénétrait l'oxygène de l'air, se produire des oxydations ayant pour effet, par exemple, de précipiter les sulfates insolubles. Il est très possible que la diminution, généralement constatée,

lieu de se méfier un peu de beaucoup de ces expériences, les instruments en cuivre, lampes ou bains-marie, n'ayant pas toujours été soigneusement exclus.

[1] Pour le développement de ces idées, nous renvoyons à notre travail sur la *Formation des gîtes métallifères*. (Encyclopédie Léauté, 1893.)

du sulfate de baryte progressivement remplacé par du quartz en profondeur, tienne à cette cause. De même, pour les sels qui n'étaient maintenus en dissolution qu'à la faveur d'un excès d'acide carbonique, le phosphate de chaux, la calcite, etc... ; cet acide carbonique, se dégageant en raison de la diminution de pression produite par le voisinage de l'atmosphère, ces sels ont pu ne commencer à se précipiter que dans les parties hautes. Une diminution de température, amenée par le voisinage de la surface, a dû également causer, dans ces eaux thermales, certaines précipitations.

Mais si de pareils phénomènes se sont produits originairement, nous avons, sans doute, bien peu d'occasions de les observer en réalité; la surface ancienne, à l'époque de la formation des filons, devait être singulièrement différente de celle que nous avons sous les yeux (les profondeurs maxima atteintes par les travaux de mines n'étant guère supérieures aux épaisseurs enlevées, en certains points, par les érosions). Ce n'est assurément pas une raison pour nier la possibilité de modifications initiales; c'en est une au moins pour ne les invoquer comme explication d'un fait constaté qu'après démonstration. Au contraire, les modifications secondaires sont des plus nettes.

Pour les filons de cuivre, voici d'habitude ce qui se passe :

A la surface, on trouve une première zone de minerais oxydés ou carbonatés, parfois chlorurés, dus sans conteste à un métamorphisme superficiel. Au-dessous, on peut avoir une seconde zone de cuivre gris très argentifère, parfois avec de la chalcosine et du cuivre natif, qui passe d'abord à la phillipsite et, plus bas, à la chalcopyrite ; c'est-à-dire que la richesse en cuivre et, du même coup, en métaux précieux associés, diminue assez vite lorsqu'on s'enfonce. Est-ce le résultat d'une sorte de cémentation naturelle, c'est ce qu'il est assez difficile d'affirmer. Cependant, lorsqu'on examine un gisement comme celui du Monte-Catini[1], il arrive souvent que l'on trouve, pour chaque amas métallifère d'une certaine taille, de la périphérie au centre, la même succession de zones : chalcosine et cuivre natif à l'extérieur ; au-dessous, cuivre pana-

[1] Voir plus loin, page 236.

ché; au centre, chalcopyrite, tandis que les boules plus petites sont entièrement en chalcosine; là, l'action métamorphique semble assez probable. De même, si l'on étudie un fragment de cuivre ayant séjourné, pendant des siècles, au contact d'une eau thermale, comme c'est le cas pour des pièces de monnaies trouvées dans la source de Bourbon l'Archambault, on observe, à partir du centre, cuivre, chalcosine, phillipsite, chalcopyrite; c'est-à-dire que les eaux sulfatées et, ferrugineuses de la source ont, sous l'influence des matières organiques réductrices, opéré la transformation inverse de celle qu'auraient produite, pour un affleurement de filon, les eaux douces de la surface. Nous surprenons la possibilité du passage d'un minéral à un autre par des actions très simples qui ont dû vraisemblablement jouer un rôle dans les parties hautes des filons.

Ceci posé, nous allons examiner tour à tour, comme pour les métaux précédents :

1° les gîtes d'inclusions dans des roches éruptives;
2° les gîtes de contact;
3° les gîtes filoniens;
4° les gîtes sedimentaires.

## 1° GITES DE CUIVRE DANS DES ROCHES ÉRUPTIVES

Nous avons signalé, au chapitre du *Fer*[1], un certain nombre d'amas de magnétite contenant des veines de cuivre pyriteux. L'association des deux substances, dans ces gîtes en boules ou lentilles, est fréquente. On la retrouve aussi bien à Nijni-Taguil dans l'Oural, qu'à Taberg ou Dannemora, en Suède. Parfois la chalcopyrite, toujours associée à la magnétite, arrive à être en quantités assez fortes pour être exploitable, comme à Traverselle, en Piémont. Dans d'autres cas, et ce sont ceux qu'il nous reste à examiner, la chalcopyrite, accompagnée de phillipsite, chalcosine, etc., constitue, à elle seule, le minerai.

[1] Tome I, pages 655 et suiv.

Ces gisements lenticulaires de sulfures de cuivre plus ou moins complexes se trouvent généralement dans des roches basiques, telles que des gabbros, des serpentines, des euphotides, ou des syénites, diabases, etc. Presque toujours, la pratique des mineurs a permis de constater une tendance à la concentration des minerais sur la périphérie de la roche (en Toscane, par exemple). C'est là une transition aux gisements formés de zones de contact sulfurées, que l'on trouve fréquemment autour des mêmes roches et qui prennent une réelle importance industrielle. Le gabbro, par exemple, est considéré, en Norvège, comme la roche mère de la plupart des gisements sulfurés (nickel, cobalt, pyrite de fer cuivreuse, etc.). Les minerais du Banat, dont nous avons étudié quelques-uns à propos du fer[1], mais qui renferment également des sulfures divers, sont localisés autour de la banatite (syénite, diorite, etc.). Dans l'Oural, le cuivre paraît provenir de syénites; au Chili, de diorites; au Nassau, de diabases.

Lorsque nous étudierons ensuite les gîtes filoniens, nous retrouverons, principalement pour les grands amas pyriteux non interstratifiés, une association analogue, quoique moins nette, avec des diabases, etc., souvent situées, comme à San-Domingos, au contact même de l'amas.

## GÎTES DE MONTE-CATINI, SIESTRO LEVANTE, PONTE ALLE LECCHIA, ETC.

(*Amas de chalcopyrite dans les serpentines d'Italie et de Corse.*)

Les deux versants des Apennins renferment, depuis Gênes jusqu'aux sources du Tibre et du Metaure, de nombreux pointements de serpentines, de gabbros (plagioclase et diallage), d'euphotides, d'ophites, d'hypérites et de roches analogues aux mélaphyres, parfois amygdaloïdes, au milieu desquelles on exploite divers gisements de cuivre[2]. D'après M. Mojsisowics, cette formation, dite ophiolithique, s'étend en Illyrie et en Serbie.

[1] Voir tome I, page 660.

[2] Voir Revue de Géol. *Ann. d. M.*, 7e, t. XVII, p. 122.

Ces roches traversent le crétacé et la base du tertiaire et sont considérées comme de l'éocène supérieur : ce qui précise l'âge de la venue cuprifère associée. Leur contact avec les terrains sédimentaires est marqué par le gabbro rosso, assimilé à un tuf boueux par M. Taramelli. En outre, à leur voisinage, les argiles sont rubéfiées et transformées en jaspe, les calcaires en dolomies et en marbres serpentineux.

D'après Cocchi, il y aurait lieu de distinguer, de ces serpentines en grandes masses, généralement caractérisées par la présence du diallage, d'autres serpentines plus récentes, sans diallage, toujours en filons et veines minces dans les précédentes et où se trouveraient concentrés les minerais sulfurés, principalement les sulfures de cuivre; moins souvent ceux de plomb, de fer et de zinc. Il est toujours assez difficile, quand on a affaire à une roche essentiellement métamorphique, comme l'est la serpentine, de faire la part des transformations contemporaines de la venue éruptive et de celles postérieures.

Parmi les gîtes italiens, les principaux sont ceux de Toscane, disposés sur deux zones N. 5°O : la première assez voisine de la côte avec Monte-Catini et Catellina Maritima; la seconde plus loin (Terriccio[1], Ripparbella, Quereta, Miciano, Libiano). Un autre gîte, celui de Rocca Tederighi, est situé dans la province de Grosseto. En outre, entre Gênes et la Spezia, on exploite quelques mines, vers Siestro-Levante.

**Monte-Catini**[2]. — *Monte-Catini* di val di Nievole (province de Lucques) est situé à 46 kilomètres Ouest de Florence.

Il existe là, à travers une roche vulgairement appelée gabbro-rosso et considérée par von Rath comme un mélaphyre (*g*), un filon assez complexe aux proportions parfois gigantesques (fig. 201).

Le remplissage de ce filon, dirigé en gros de l'Est à l'Ouest, est formé, tantôt de serpentine (*b*), tantôt d'un conglomérat (*c*) de fragments associés et altérés de mélaphyre et de serpentine reliés par un ciment talqueux.

[1] Coll. *École des Mines*, 1948.
[2] Coll. *École des Mines*, 1806.

Ce filon est séparé de la roche encaissante par des surfaces de glissement et par une zone de fragments pierreux sans consistance. Les minerais sont répartis d'une manière très irrégulière

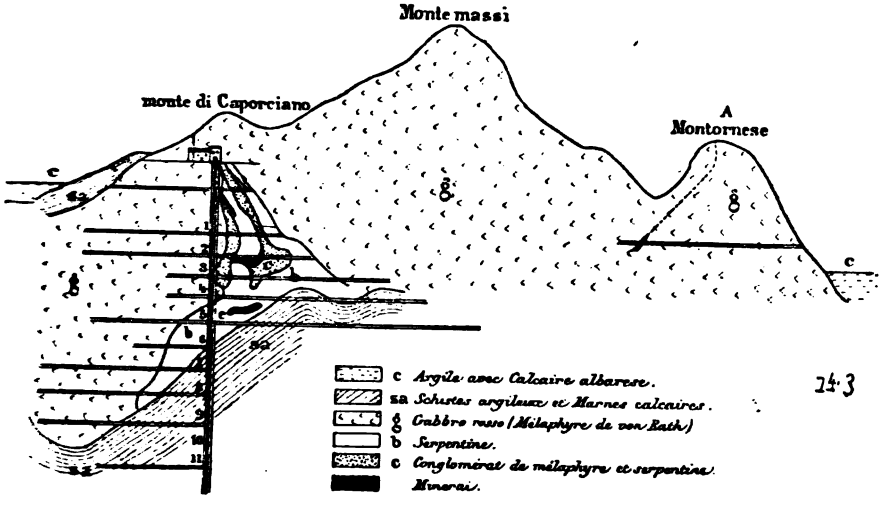



Fig. 201. — Coupe d'ensemble du gisement de Monte-Catini.

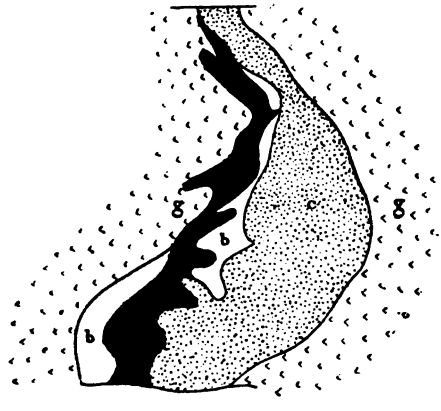



Fig. 202. — Coupe verticale du gisement de Monte-Catini, d'après A. Schneider.
*g*. mélaphyre. — *b*. serpentine. — *c*. conglomérat de mélaphyre et de serpentine.

dans le remplissage ; tantôt ils sont empâtés dans la serpentine, tantôt ils se trouvent au contact de la serpentine avec le conglomérat et le mélaphyre. Ils se présentent en amas de toutes formes, isolés les unes des autres ou reliés par des veines métalli-

fères. Le volume de ces masses peut atteindre plusieurs mètres cubes.

Le minerai le plus fréquent est la chalcopyrite, qui forme parfois des masses pures de 6 à 10 mètres cubes ; la chalcosine pure est en boules, de la grosseur d'une tête d'homme. Les boules d'un fort diamètre sont composées ordinairement : dans l'intérieur, de pyrite de cuivre ; vers la surface, de cuivre panaché ; la surface extérieure est assez souvent recouverte de chalcosine et de cuivre natif.

D'après von Rath, et c'est la théorie que nous adopterons, la serpentine serait le produit de l'altération d'une péridotite cuprifère et ce métamorphisme, accompagné de dérangements et de glissements le long des épontes, aurait amené la concentration en boules du cuivre primitivement répandu dans la masse. Il paraîtrait, d'après une note manuscrite d'un ancien directeur des travaux M. Mayn, qu'au voisinage des amas, la serpentine friable qui forme la masse est imprégnée de minerai.

La serpentinisation et la concentration métallifère, qui en a été la conséquence, semblent d'ailleurs s'être produites en plusieurs phases, peut-être à partir du moment même où la roche est venue au jour.

Pour M. Fuchs qui avait eu l'occasion de visiter ce gisement, il y avait lieu de distinguer, dans sa formation, plusieurs phases successives : 1° venue du mélaphyre, 2° d'une péridotite devenant, à mesure que le temps de l'éruption s'écoule, de plus en plus hydratée (serpentine) et boueuse et passant ainsi, par transitions, à une argile magnésienne, isolée dans des fissures de retrait, qui contient le produit de la concentration des sulfures de cuivre.

La différence entre ces deux théories est celle que nous avons eu déjà l'occasion d'indiquer plusieurs fois ; car le même problème se pose pour le fer chromé, la magnétite etc. Pour l'un, le métamorphisme est postérieur à la formation ; pour l'autre, contemporain. Le fait que ces amas cuivreux, limités en tous sens, sont à une faible distance de la surface, et qu'il se produit un appauvrissement notable en profondeur, la présence d'un conglomérat qui indique un mouvement mécanique postérieur ayant pu livrer passage aux eaux, l'existence dans ces amas de zones concentriques de plus en

plus chargées de cuivre à mesure qu'on approche de l'extérieur, nous ont conduit à admettre de préférence l'hypothèse de von Rath.

Dans la pratique des mineurs, on considère comme particulièrement favorables les zones de contact et les parties couchées situées au-dessous d'une strate horizontale, comme cela est arrivé au quatrième niveau de Monte-Catini ; on peut expliquer le premier fait par la circulation d'eaux qui a dû nécessairement s'établir de préférence le long de ce contact.

Enfin, ce qui paraît également justifier l'idée d'actions postérieures, c'est qu'on a cru constater à Monte-Catini la loi énoncée par nous plus haut pour les filons en général [1] et expliquée par un métamorphisme : à savoir l'abondance, à la partie supérieure, du cuivre natif et de la chalcosine avec la phillipsite ; puis la disparition des deux premiers minerais, la cessation de la phillipsite à son tour et alors, en profondeur, la prédominance de la chalcopyrite qui, dans certaines mines, a même parfois passé à la pyrite de fer cuivreuse.

Au point de vue industriel, on voit de suite ce qui résulte d'une constitution de gisement semblable, l'irrégularité absolue de la minéralisation et, par suite, la nécessité de faire des recherches continuelles, les amas seuls étant exploitables. De là, beaucoup de mécomptes pour quelques-unes de ces mines.

Lorsqu'on est tombé sur un amas important, on a, par contre, l'avantage d'avoir un minerai très homogène et très riche.

On divisait, il y a quelques années, les minerais en deux catégories : ceux de la mine ou minerais riches à 7 p. 100 de cuivre environ; ceux provenant d'anciens déblais retraités ne dépassant pas 1,25 à 1,50 p. 100.

**Rocca Tederighi** [2]. — Un autre gisement analogue est celui de *Rocca Tederighi* (province de Grosseto) où se trouvent les deux mines de Poggio Alto et de Fossato.

La région comprend des terrains éocènes, des trachytes et des

[1] Page 233.

[2] Visité par M. Fuchs en 1876. — Coll. *École des Mines*, 1620.

roches serpentineuses. Le gisement est dans une veine d'argile magnésienne au milieu des serpentines. La direction générale est, paraît-il, à peu près du Sud au Nord, et le filon stéatiteux a été reconnu sur une longueur d'environ 2 kilomètres.

Le cuivre forme, tantôt des veines compactes de 20 à 25 centimètres, tantôt une imprégnation irrégulière sur 2 à 3 mètres d'épaisseur ou encore de gros blocs compacts. On a cru remarquer que les gros blocs se trouvaient principalement au contact de la serpentine avec les roches encaissantes qualifiées de gabbros et c'est sur cette zone de contact qu'ont porté toutes les recherches.

L'exploitation de ce gisement a été commencée en 1876; son irrégularité l'a fait, croyons-nous, abandonner.

**Siestro Levante.** — Dans la province de Gênes, on exploite, près de *Siestro Levante*, quelques gîtes de chalcopyrite et phillipsite situés de même au contact de serpentines et de tertiaire métamorphique. L'une de ces mines produit, par an, 11 à 12 000 tonnes de minerai à 17 p. 100 de cuivre.

**Monte-Calvi (Toscane)**[1]. — Le gîte de Monte-Calvi, en Toscane, ne se rapproche des précédents que parce qu'il est également situé dans une roche éruptive. Mais cette roche est là très différente et tout à fait spéciale. Deux systèmes de filons parallèles très continus traversent, en ce point, des marbres blancs liasiques. Ces filons, en relation avec des augitophyres, sont eux-mêmes formés à peu près exclusivement d'augite, soit d'un vert noirâtre, soit grise, soit rosée, comprenant des veines d'ilvaite, de la chalcopyrite, de la pyrite de fer et, plus rarement, de la galène ou de la blende brune. Les minerais sont généralement au centre de boules d'augite ayant jusqu'à 2 mètres de diamètre. Les intervalles entre ces boules sont remplis par une gangue de quartz et de calcite.

[1] Voir von Rath. *Zeit. d. d. g. G.*, 1868, t. XX, p. 307, et Groddeck, p. 202.

*Bibliographie.*

1845. Burat. — Gites métallifères, p. 208.

1845. Pilla. — Comptes Rendus, t. XX, p. 811. (Cf. *Leonhards Jahrb.*, 1846, p. 627.)

1846. Burat. — Mines d'Algérie et de Toscane.

1857. Bornemann. — Sur les mines de cuivre sises à l'Est de Gênes. (*B. S. G.*, 2e, t. XIV, p. 642.)

1858. Caillaux. — (*Berg. u. Hutm. Zeit.*, p. 372 et 421.)

1861. Cotta, p. 374.

1865. V. Rath. — (*Zeitsch. d. d. geol. Gesellsch.*, t. VIII, p. 282.

Théod. Haupt. — Traité sur les mines de Toscane.

Sur les serpentines cuprifères. (Rev. de géol. *Ann. d. M.*, 7e, t. XVII, p. 122.)

1876. Fuchs. — Notes de voyage inédites.

1876. Parodi. — Rapport manuscrit sur Roccatederighi.

1878. Parodi. — Notice sur la mine de Roccatedecighi à l'occasion de l'Exposition Universelle.

1882. Zaccagna. — Sui terreni secondari di Monsummarso e *Montecatini* in val di Nievole. (*Processi verbali della Societa toscana di Scienze naturali*, t. III, p. 107. Pise, 1882.)

1882. d'Achiardi e A. Funaso. — Il gabbro rosso. (*Processi verbali della Societa toscana di Scienze naturali*, t. III, p. 142. Pise, 1882.)

*1883. d'Achiardi. — I metalli, etc., t. II, p. 335. (Contient la description d'autres gisements italiens.)

*1884. Lotti. — La miniera cuprifera di *Monte Catini* (val di Cecina) ei suoi dintorni. (*Bolletino del R. Comitato geologico d'Italia*, 1884, p. 359. Rome, 1884.)

1884. Gucci. — Sopra un prodotto di decomposizione del gabbro rosso. (*Atti della Societa di Scienze naturali. Processi verbali*, t. IV, p. 118. Pise, 1884.)

1885. Mazzuoli. — Sul giacimento cuprifero della Gallinarda. (*Liguria orientale.*) (*Bollettino di R. Comitato geologico d'Italia*, 1885, p. 193. Rome, 1885.)

1889. B. Lotti (Trad. par A. Cocheteux). — La genèse des gisements cuprifères des dépôts ophiolitiques tertiaires de l'*Italie*. (*Bull. Soc. geol. Belgique.* Mémoires. Bruxelles, 1889.)

**Ponte Alle Lecchia (Corse).** — En Corse, on connaît, à *Ponte Alle Lecchia*[1], dans des gisements aujourd'hui abandonnés, une formation tout à fait analogue à celle Monte-Catini.

Ces gisements se rattachent, de même, à une puissante éruption magnésienne qui occupe une grande partie de la moitié Est de l'île. On trouve là, au-dessus des calcaires et schistes compris dans le jurassique, une série de roches vertes, des euphotides, de la chlorite compacte, un gabbro rosso identique à celui du

[1] Coll. *École des Mines*, 1583.

Monte-Catini (considéré lui-même comme un mélaphyre) et des serpentines. Dans les euphotides, qui semblent plus anciennes, le minerai paraît être en véritables fractures filoniennes remplies de quartz, chalcopyrite et phillipsite. Au contraire, dans les chlorites et serpentines, le minerai est extrêmement disséminé. Par endroits, dans les parties plus argileuses, il se concentre, comme au Monte-Catini, en nodules; mais ces nodules sont, en ce point, trop peu importants pour qu'une exploitation sérieuse ait pu s'établir jusqu'ici.

Suivant M. Fuchs, qui avait visité le gisement en 1876, les poches d'argile métallifère correspondraient à une dernière phase boueuse de l'éruption.

**Epidaure (Grèce).** — Un gîte analogue existe sur la côte orientale de la Morée, à environ 12 kilomètres de l'ancienne ville d'Epidaure et au voisinage du village de Dimaina; ce gisement, exploité jadis par les anciens, a été repris sans succès vers 1870. Le sol de cette partie Nord-Est de la Morée est formé d'alternances de schistes et de calcaires que traversent un piton de dolérite et des serpentines.

Ces serpentines sont, tantôt interstratifiées dans le gisement et tantôt paraissent en relation avec la dolérite, dont elles seraient, d'après un observateur, la dernière période d'éruption. Le cuivre se trouve dans des fentes remplies de serpentine friable au voisinage ou dans les masses même de la dolérite. Il se présente en rognons de chalcopyrite, parfois chargés de sulfure noire de cuivre. Dans les autres parties du gisement, on trouve des amandes de quartz ou calcite avec mouches de pyrite de fer et de pyrite de cuivre. Les masses métallifères ont paru trop peu abondantes pour être exploitées.

**La Prugne (Allier)**[1]. — Au Sud-Est du département de l'Allier, il existe, le long de la grande faille du Forez, un certain nombre de lambeaux carbonifères dont l'un, auprès de la Prugne, contient un gisement de cuivre qui a eu une certaine réputation.

[1] Notes de voyage de l'auteur (1885-1890).

Le bassin carbonifère de la Prugne, isolé entre quatre failles, est formé surtout de schistes d'un brun olivâtre, analogues à ceux que l'on rencontre à Cusset, près Vichy, et où Murchison a décou-

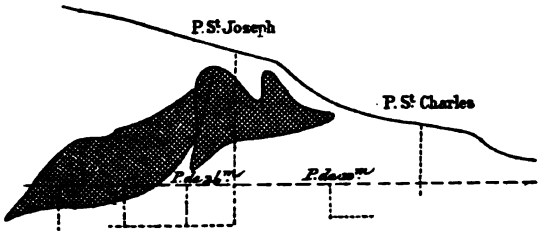



Fig. 203. — Coupe verticale de la mine de la Prugne. (Projection des amas sur CD, voir le plan.)

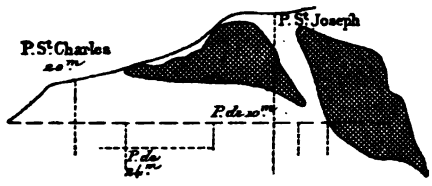



Fig. 204. — Coupe verticale de la mine de Prugne. (Projection des amas sur AB.)

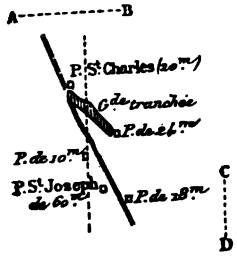



Fig. 205. — Plan de la mine de la Prugne.

vert des fossiles, schistes alternant avec des quartzites et des grès ou grauwackes. Au Nord affleurent des schistes et quartzites probablement cambriens, influencés par le granite.

Aux environs de la mine, les schistes ont une direction à 30°O et, sont recoupés très nettement par un certain nombre de filons de microgranulite.

Dans cette région de schistes et microgranulites, se trouve un grand filon cuivreux dont la direction, d'après les anciens travaux, est à 135°. La gangue de ce filon, au voisinage au moins de la surface,

est composée d'une roche verte, à grain fin, qu'on a décrite comme une serpentine, etc., et qui, en réalité, d'après l'examen miscroscopique, est uniquement composée d'une chlorite de la famille de la pennine avec un peu d'opale et quelques zircons invisibles à l'œil nu. Il est possible que sa nature résulte seulement d'un métamorphisme exercé sur des schistes anciens amphiboliques. Cette roche qui, lorsqu'elle est fraîche, est d'un vert sombre avec de très fines paillettes brillantes, devient, en se décomposant, d'un vert ocreux. Elle contient, en général, beaucoup de cuivre disséminé ; mais, par endroits, ce cuivre s'est concentré et forme alors des amas considérables de chalcopyrite avec phillipsite.

Deux de ces amas, absolument limités en profondeur, ont été dépilés et ont fourni pour 950 000 francs de cuivre et 560 000 francs d'argent. Faute, peut-être, de travaux de recherche suffisants, on n'en a pas retrouvé d'autres.

L'un des amas, exploité à découvert dans une grande tranchée N.-O., est très nettement recoupé par un certain nombre de filons minces de galène et barytine.

La région est d'ailleurs assez fortement minéralisée, et l'on trouve, au voisinage, plusieurs filons de pyrite de cuivre avec quartz.

Les travaux avant l'obtention de la concession ont commencé, vers 1870, par une grande tranchée à ciel ouvert N.-O., dans le sens de la longueur de l'amas, avec un puits à l'extrémité destiné à déterminer la profondeur. Cette tranchée a fourni environ 80 000 tonnes de minérai généralement riche. Dans le prolongement du filon, à un kilomètre environ, on a creusé le puits Sainte-Marie, qui a retrouvé du cuivre sulfuré.

Cette mine est aujourd'hui abandonnée.

*Bibliographie.*

VICAIRE. — Rapport autographié.

1873. DESHAYES. — Gisement du cuivre de Charrier, près la Prugne. (*B. S. G.*, 3e, t. I, p. 504.)

1883. D'ACHIARDI. — I metalli, p. 341.

1888. OLIVIER. — Mines de cuivre de Charrier. (*Revue du Bourbonnais.*)

1890. L. DE LAUNAY. — Notes de voyages inédites.

1890. LE VERRIER. — Formations géologiques du Forez et du Roannais, p. 33. (*Bull. du serv. de la Carte.*)

# 2° GITES DE CUIVRE AU CONTACT DES ROCHES ÉRUPTIVES

## CUIVRE DE L'OURAL[1]

L'Oural contient un certain nombre de gisements de cuivre, dont on peut considérer la forme initiale comme un filon de contact entre des diorites ou syénites et des calcaires. Ces filons renferment souvent, avec la chalcopyrite, de la magnétite prédominante comme à Nijni-Taguil ou de la pyrite de fer. A la surface, les minerais oxydés dominent, accompagnés parfois d'un peu de cuivre gris et il est arrivé que le cuivre (à Mednoroudiansk, etc.) ait subi, sous l'action des eaux superficielles, une concentration par transport qui l'a accumulé sous forme d'oxydes, carbonates, phosphates, etc., dans des poches argileuses qui constituent, en réalité, le gisement le plus riche.

Ces gisements de l'Oural sont groupés, soit dans la chaîne même, soit sur son versant oriental. Les principaux districts sont ceux de Bogoslowsk, Nijni-Taguil (Mednoroudiansk) et Ekaterinenbourg.

La production totale est de 2 600 tonnes de cuivre environ par an.

### DISTRICT DE BOGOSLOWSK[2]

Parmi les gisements de cuivre du Nord de l'Oural, les plus renommés sont ceux de Tourinsk, à 12 kilomètres de l'usine de Bogoslowsk.

Le minerai se trouve dans des calcaires du silurien supérieur, à leur contact avec des filons de diorite, recoupés eux-mêmes par des porphyrites. Le calcaire contient des veines de grenat et de

[1] Voir t. I^er^, p. 664, la description des gîtes de fer associés à ces gîtes de cuivre.
[2] Coll. *École des Mines*, 1950.

l'éclogite certainement dues à une action métamorphique analogue à celles décrites dans le Banat pour le fer[1]. Le minerai est en veines très irrégulières, formées de pyrite de fer et de cuivre, de chalcosine, de phillipsite, d'un peu de cuivre gris, avec quelques minéraux oxydés (cuprite, azurite, malachite), du cuivre et de l'argent natifs, de la blende, de l'hématite, du fer oxydulé. La gangue est un mélange de quartz et de calcite; souvent on trouve le cuivre à l'état d'imprégnation dans le calcaire silurien chargé de grenats.

Les mines exploitées à Tourinsk sont surtout celles de Frolow, Wasiliewsk, Sukhodoïsk, Saint-Michel Archange, Bogoslowsk. Elles présentent, avec des caractères analogues, toute la série possible des combinaisons de roches calcaires, diorites, porphyrites, etc.

A la mine *Bogoslowsk,* par exemple, il existe deux filons parallèles, très réguliers. Le filon supérieur, d'une épaisseur d'environ 6 mètres, a, pour mur, la diorite et, pour toit, un filon de porphyrite qui la recoupe. A 40 mètres de profondeur, les travaux ont trouvé le calcaire. Le second filon, d'une épaisseur de 2 mètres, est situé dans la diorite qui forme le mur du premier filon à une distance de 30 mètres de celui-ci. Le cuivre est à l'état de pyrite accompagnée de pyrite de fer et de quartz; la teneur en cuivre avant triage ne dépasse pas 3 p. 100.

A la mine *Frolow*, de même, on trouve une série de filons reliés entre eux par de petits filets, présentant des renflements qui atteignent parfois 16 mètres d'épaisseur et situés entre le calcaire et la veine de grenats. Le remplissage est formé de pyrite de fer et de cuivre avec une teneur de 6 à 8 p. 100 de cuivre.

A la mine *Wasiliewsk*, le minerai est, tantôt entre le calcaire et la diorite, tantôt dans la diorite même ou entre la diorite et les grenats.

D'une manière générale, tous ces filons ont présenté, à la partie supérieure, des parties riches en minéraux oxydés et contenant de 10 à 15 p. 100 de cuivre. En profondeur, les filons se sont appauvris.

[1] Voir tome I^er^, page 660.

Ces mines, très anciennement exploitées, ont été vendues en 1877 par le gouvernement russe et se sont développées peu à peu.

En 1889, le prix de revient moyen était de 30 francs la tonne de minerai grillé sur le carreau de la mine. Ce minerai tenait de 3 à 4,5 p. 100 de cuivre. D'après les statistiques, la teneur a diminué progressivement de près de moitié, de 1889 à 1891, par suite de l'appauvrissement de la mine en profondeur.

Les minerais sont traités à Bogoslowsk où, depuis 1886, on obtient de bons résultats avec le procédé Manhès.

## DISTRICT DE NIJNI-TAGUIL

**Mednoroudiansk.** — On exploite, à Mednoroudiansk, au voisinage du grand gîte de fer de la Visokaya Gora (district de Nijni-Taguil), des argiles riches en minerais de cuivre oxydés emplissant une sorte de poche ou d'entonnoir de 120 mètres de large, au contact de lambeaux très disloqués de calcaire silurien. Quelques schistes métamorphiques, plus ou moins talqueux, sur l'âge desquels on n'est pas fixé, se montrent en divers points des épontes du gîte.

Les minerais sont de la malachite, de l'azurite, de la cuprite, du phosphate et du silicate de cuivre, parfois du cuivre natif, de la covelline, etc... On a trouvé là de grand blocs de malachite utilisés comme pierre d'ornement, dont l'un, rencontré en 1836, pesait près de 330 tonnes. Avec les minerais proprement dits se présentent quelques minéraux rares : brochantite, libéthénite, tagilite et ehlite.

Ces minerais de cuivre oxydés semblent, ainsi que nous l'avons dit à propos du fer de Taguil [1], résulter d'une action des eaux superficielles sur la pyrite de cuivre contenue dans le fer magnétique des environs, fer magnétique formant lui-même, comme nous l'avons vu, un filon de contact entre la syénite et le calcaire. On leur trouve associés également, à un état d'oxydation plus ou moins avancé, tous les corps inclus dans ce fer magnétique : le fer magnétique lui-même en fragments souvent assez volumineux, le zinc en calamine ; le vanadium ; le cobalt et le manganèse

[1] Voir tome I^er^, page 670.

à l'état d'oxydes noirs contenant en même temps du cuivre.

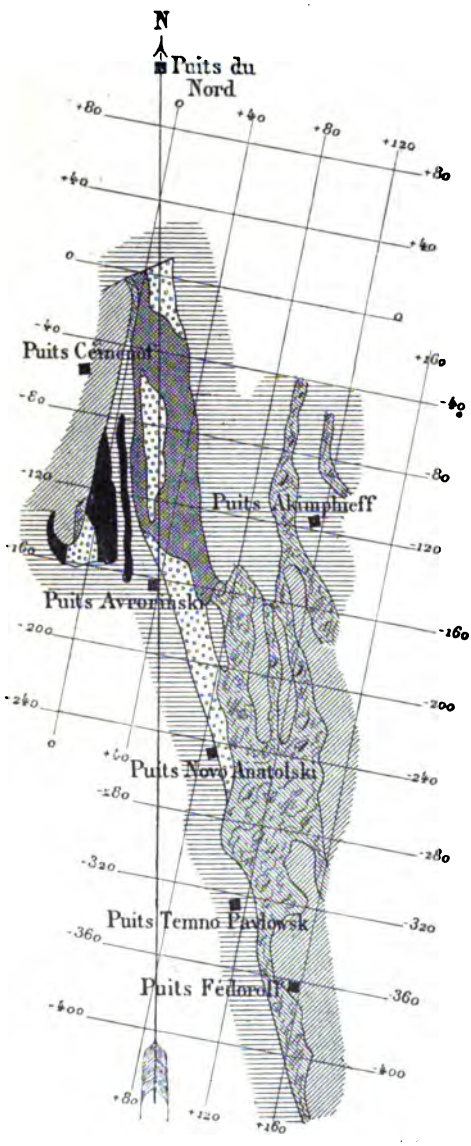



Fig. 206. — Plan à la profondeur de 95 mètres (46 sagènes) [1].

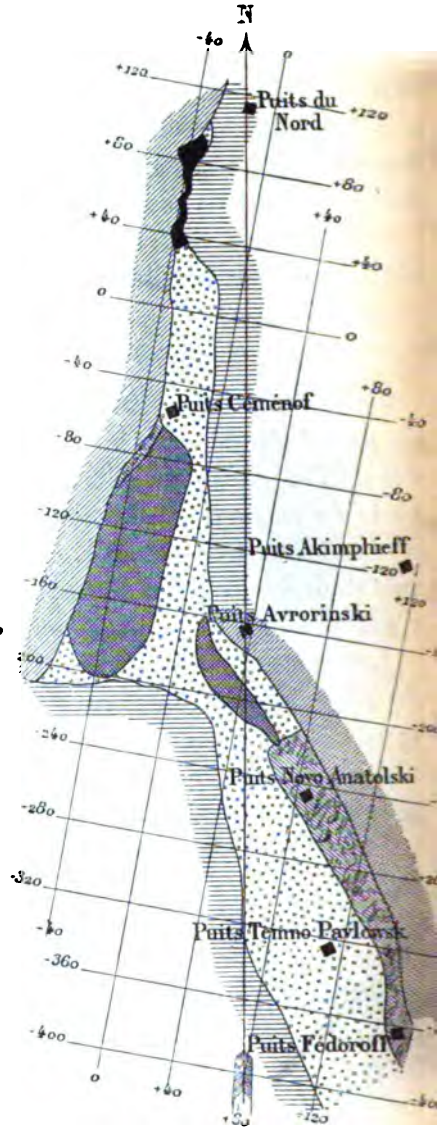



Fig. 207. — Plan à la profondeur de 170 mètres (82 sagènes).

Müller et V. Groddeck, qui ont décrit ce gîte, en ont fait un

[1] Les figures 206 à 210 sont extraites du *Gorni-Journal* de M. Gladki (d'après M. Coste).

gîte massif, genre Taberg. On aurait affaire, suivant eux, à un filon de diorite de 60 mètres de puissance renfermant, en profondeur, de la pyrite de fer cuivreuse qui, à la surface, aurait donné, par son altération, l'argile rouge à minerais oxydés, mais qu'en s'enfonçant on retrouverait intacte avec des inclusions, des nids et des traînées de chalcopyrite.

En réalité, les travaux actuels (fig. 206 à 210), poussés à 200 mètres de profondeur, constatent la persistance de la prétendue altération superficielle de cette diorite de Müller, qui, d'ail-

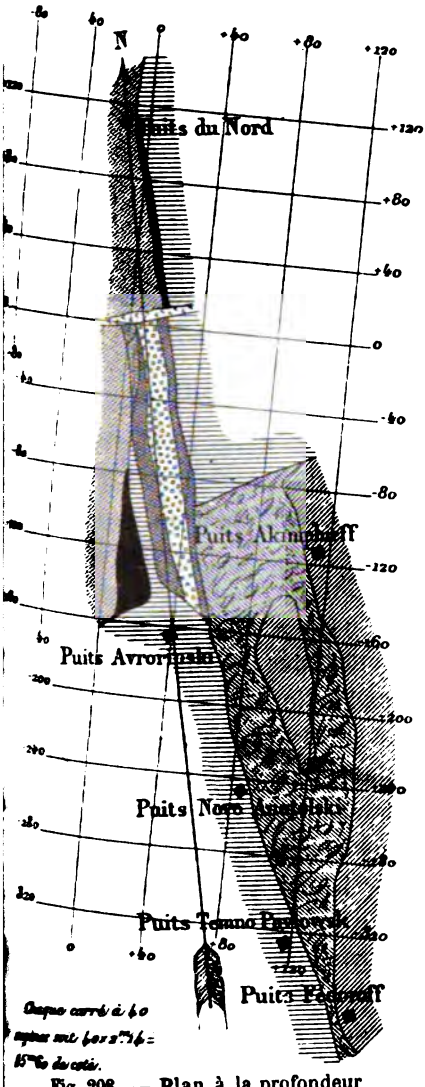



Fig. 208. — Plan à la profondeur de 199 mètres (93 sagènes).

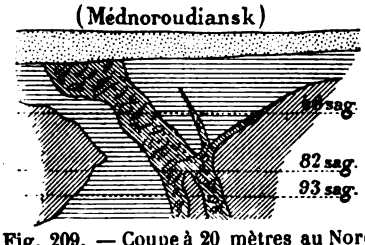



Fig. 209. — Coupe à 20 mètres au Nord du puits Novo Anatolski (voir fig. 208), perpendiculaire à la longueur du gîte.

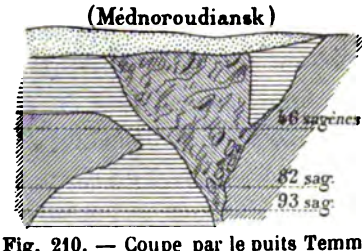
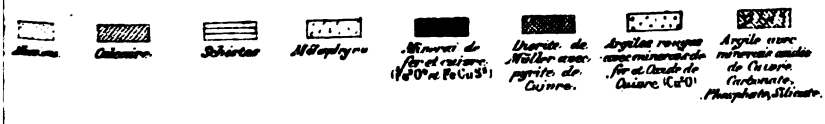



Fig. 210. — Coupe par le puits Temmo Pavlowsk, perpendiculaire à la longueur du gîte.



leurs, diminue de plus en plus d'extension à mesure que l'on s'enfonce. Elle continue à se présenter sous forme d'une matière terreuse vert sombre contenant du feldspath décomposé et de la chlorite (roche argilochloritique du prof. Carpinsky) à 1 à 2 p. 100 de cuivre, telle que celle qui pourrait résulter de la décomposition des syénites du pays, et le cuivre se trouve surtout dans les argiles rouges très étendues autour de cette prétendue diorite, principalement près des calcaires corrodés, au voisinage du contact.

On admet donc que ces poches auraient été remplies par des eaux acides ayant agi sur quelque gîte de fer magnétique à pyrite de cuivre et apatite, associé à la syénite, comme celui de la Visokaya-Gora, ayant corrodé le calcaire et précipité leur cuivre en présence d'un excès de chaux.

Il est facile de comprendre que les eaux, agissant sur le minerai de fer cuivreux, ont dû contenir des sulfates de fer et de cuivre et dissoudre, à la faveur de l'acide sulfurique, une proportion plus ou moins forte d'apatite.

Ces eaux, arrivant sur le calcaire, l'ont attaqué et le résidu de leur action a été le limon rouge des poches de Mednoroudiansk, au milieu duquel on retrouve, en effet, des fossiles du calcaire moins attaquables par les acides. Sous l'action de la chaux, ces sulfates ont donné de la malachite ($2\,Cu\,O\,CO^2$) et du gypse. Le phosphate de chaux a pu produire du phosphate de cuivre[1]; d'où la formation d'échantillons à couches alternatives de carbonate et de phosphate de cuivre. En même temps, l'attaque des silicates a donné du silicate de cuivre qu'on leur trouve associé.

Comme confirmation de cette théorie, on a remarqué que le cuivre se présentait surtout dans une zone d'argile de 2 à 4 mètres de large au contact du calcaire ; là on en trouve de 5 à 6 p. 100, tandis que le reste est relativement pauvre.

Enfin, l'on a expliqué, de la même façon, certains minerais accidentels : par exemple, dans les niveaux supérieurs de la région Sud, des argiles rouges particulièrement riches en sesquioxyde de fer, avec oxyde de manganèse, contenant de beaux échantillons d'oxyde de cuivre et de la poussière de cuivre natif comme celle

[1] Constaté dans les expériences récentes de M. Gladki.

qu'une dissolution de sulfate de cuivre dépose sous des influences si diverses ou encore certaines argiles bleu foncé chargées de covelline (CuS).

La teneur moyenne du minerai est évaluée à 2,3 p. 100 de cuivre. L'extraction annuelle est de 1 240 tonnes de cuivre.

De 1814 à 1877, on a sorti de cette mine 2 600 000 tonnes de minerai

Au point de vue du traitement, on a affaire à un mélange de minerais oxydés et sulfureux qu'on passe directement à la fonte pour matte dans des fours Rachette, quelquefois avec addition de pyrite de fer quand la proportion des oxydes est trop forte, de manière à avoir assez de soufre pour que les mattes ne tiennent pas au delà de 50 p. 100 de cuivre. La matte bronze est grillée en cases, fondue pour cuivre brut au four à cuve, affinée et raffinée au réverbère anglais.

## DISTRICT D'EKATERINENBOURG[1]

Le district d'*Ekaterinenbourg* comprend quelques gisements peu ou point exploités au voisinage de l'usine de Kamensk et celui, assez remarquable, de *Gumechewsk*, près de l'usine de Polewsk, sur le versant occidental de l'Oural, tout près de la ligne de faîte.

Là encore, un puissant filon de diorite métallifère, incliné à 40 degrés, traverse des calcaires et schistes chloriteux ou talqueux. Des veines de grenat, d'une épaisseur de 6 mètres, se trouvent au contact de la diorite et du calcaire. En outre, aux affleurements, des poches d'argile, provenant, d'après V. Groddeck, de la décomposition de la diorite, s'interposent à ce contact. Cette argile forme une poche de 160 mètres de largeur à la surface qui se coince assez rapidement en profondeur (sa largeur, à 60 mètres, n'est déjà plus que de 80 mètres) ; c'est là que se sont concentrés des minerais oxydés provenant des imprégnations de pyrite de fer et de chalcopyrite que contient la diorite dans toute sa

[1] Coll. *École des Mines*, 1951.

masse. On y trouve de la malachite (un bloc de 2 800 kilogrammes a été rencontré), de la cuprite, des carbonates et oxydes divers, de l'hématite brune, de la brochantite, etc...

En résumé, il n'y a guère, dans l'Oural, d'activement exploitée que la mine de Mednorondiansk.

*Bibliographie.*

1786. Pallas. — Voyage, etc., t. II, p. 137, 146, 182, 272, 296, 393, etc.
1789. Hermann. — Versuch ein. mineral. Beschr., p, 112.
1826. Mengué. — Trav. de la Soc. minér., t. I.
1826. Beger. — (*Gornoi-journal.*)
1833. Kupfer. — Voyage dans l'Oural (Paris).
1842. Rose. — Reise nach dem Ural, p. 381.
1841. Chtchourowski. — L'Oural. Moscou, 1861, p. 362.
1844. Wagenheim, — Verhandl. d. miner. Ges., p. 31.
1848. Murchison, de Verneuil and Keyserling. — (*Geol. of Russia*, p. 362.)
Meglizky et Antipow. — Descr. géogr. de l'Oural du Sud, p. 133.)
1850. Erman. — (*Arch. f. wissenschaft Kundc Russlands*, t. VIII, p. 380.)
1859. Eremeew. — (*Journal des mines*, t. IV, p. 76.)
1860. Antipow. — (*Journal des mines*, t. IV, p. 28.)
1861. Helmersen. — (*Leonh. jahrb.*, p. 573.
1861. Cotta, p. 541 sur Bogoslowsk; p. 544, sur Njni-Tagoil.
1862. Ludwig. — Geol. und geog. Stud., p. 166.
1866. Müller. — (*Berg. u. Hutten. Zeit.*, p. 160 (Bogoslowski); p. 186 (Nishné Tagilsk).
1867. Mines de cuivre de l'Oural. (*Cuyper*, t. XXII, p. 421.)
1868. Mostowesso. — (*Journal des mines*, t. I, p. 53.)
1868. Romanowsky. — (*Journal des mines*, t. III, p. 181.)
Hoffmann. — Mater. z. Anfert. ein geol. Karte des Uralgeb.
1870. Burat. — Geol. appl., p. 217.
1873. Tchoupin. — (*Journal des mines*, t. II, p. 88, 318.)
Maier. — (*Journal des mines.*)
1877. Monchketow. — Matér. pour l'étude de la struct. géogn. et des rich. min. du distr. de Slatoouste,
1878. Aperçu des rich. min. de la Russie d'Europe.
1878. G. V. Rath. — Erinn. Pariser Weltausst., 1878. — Bonn., 1879, p. 116.
1881. Groddeck, p. 355.
Gruner. — Métall. du cuivre, p. 131 (sur Nishné Tagilsk).
1883. d'Achiardi, II, 358.
Beaugey. — Journal de voyage manuscrit à l'Ecole des mines.
*1888. Coste. — Mémoire manuscrit à l'Ecole des mines.

# CUIVRE DU CHILI[1] ET DE LA BOLIVIE

Le Chili et la Bolivie comptent parmi les pays grands producteurs de cuivre, quoique, depuis quelques années, des révolutions et des guerres civiles aient fait diminuer, dans une forte mesure, leur extraction. Les gîtes appartiennent à deux classes assez distinctes, que nous réunirons ici pour conserver l'unité géographique :

*A*. — Les premiers sont situés dans le Nord du Chili, entre Antofagasta et Valparaiso, dans la Cordillère de la Côte. Ils se trouvent dans des roches éruptives : diorites, syénites, labradorites, hypersthénites, etc., et sont en relation avec ces roches qui, indépendamment des filons, contiennent souvent de petits grains de minerai. Leur direction est Est-Ouest.

Le remplissage des filons est caractérisé par l'abondance de la pyrite de cuivre et de la pyrite de fer, cette dernière arrivant parfois à former toute la masse. La gangue est habituellement quartzeuse. On n'y trouve ni cuivre natif, ni oxyde de cuivre, ni calcite, ni manganèse ; l'arsenic et l'antimoine font toujours défaut, mais l'or est parfois assez abondant, surtout dans les affleurements, pour devenir le but de l'exploitation. Les parties supérieures contiennent une grande abondance d'oxyde de fer avec des carbonates, silicates et oxychlorures de cuivre.

Les principales mines de ce groupe sont Carrizal, Tambillos, Tamaya, Antofagasta, Chanaral, Higuera, Brillador, Panulcillo, San-Juan, Punitaque, Paposo, Taltal, Cobra, etc.

L'une des plus importantes est celle du *Cerro de Tamaya*, près de Tongoy, le premier port notable au Nord de Valparaiso. La montagne est formée de diorite avec épidote et magnétite comme minéraux accessoires. Le filon principal a de 2 à 3 mètres de puissance ; son mur, uni et régulier, est caractérisé par un enduit provenant de la décomposition de la roche encaissante, avec laquelle le filon se confond graduellement du côté du toit.

[1] Coll. *École des Mines*, 1953 ; 1348 à 1354 et 1578.

Les minerais sont le cuivre panaché et la chalcopyrite qui forment, dans le filon, des parties riches étendues et très pures. La phillipsite contient, en mélange, de l'or natif en houppes fines. La pyrite de fer manque ou est très rare. Au voisinage des parties riches, le filon est rempli d'une matière pulvérulente, très ferrugineuse, de couleur foncée (polvorilla) contenant de petites particules de phillipsite, qui provient certainement de la décomposition du remplissage primitif. A l'affleurement, et jusqu'à 10 mètres de profondeur, on trouve des minerais oxydés (métal de color).

En dehors des filons de Tamaya, on peut noter, d'une manière générale, à Remolinos, à Chacay, etc., que l'on a, à la surface, des parties aurifères, puis des carbonates et des oxydes, puis des sulfures et pyrites cuprifères. La mine de Tamaya est une des rares où l'exploitation se soit maintenue dans les minerais de teneur élevée.

*B.* — La deuxième classe de minerais du Chili se trouve à une certaine distance de la côte, entre 10 et 30 lieues, à de très grandes hauteurs dans les terrains stratifiés secondaires, et en relation avec des porphyres augitiques. C'est une catégorie de filons dont nous aurons l'occasion de reparler au chapitre de l'*Argent*. Leur direction est généralement Nord-Sud. Le minerai, assez complexe, comprend des sulfures de cuivre, de plomb, de zinc, d'argent avec ou sans antimoine. La galène et la blende sont généralement négligées ; le minerai de cuivre lui-même, n'est extrait que lorsque sa teneur dépasse 7 p. 100 ; la gangue est un jaspe coloré par les oxydes de fer et de cuivre, rarement de la calcite. On exploite de très nombreuses mines, parmi lesquelles nous citerons celles de : San Antonio, Cerro Blanco (Copiapo), Chingoles, Machetillo, Porotos (Coquimbo), Rapel, San-Lorenzo, Parral (Combarbala), Nuncaballo, Quiroga et Calabazo (Illapel), Puquios, Arqueros, etc. Les pyrites de Talca, Curico et Rancagua sont extraites spécialement pour l'or[1].

L'ensemble de ces minerais est très riche ; on ne les traite guère à moins de 12 à 15 p. 100 de cuivre.

[1] M. Rémaury (Prod. du cuivre, 1888) donne la liste complète des minerais de cuivre du Chili avec leur provenance.

D'une façon générale, on peut dire que le Chili est un des pays du monde qui renferment le plus de cuivre. Malheureusement la difficulté des transports a, en général, forcé à abandonner tous les minerais pauvres sur le carreau de la mine pour ne traiter que les minerais riches et comme, pour arriver à ces zones riches, il faut généralement traverser de longues zones de minerais mouchetés, dits *rameos*, il en résulte une perte assez considérable.

Aussi existe-t-il, dans les régions cuprifères, en particulier dans la province de Coquimbo, d'immenses haldes qu'on a tenté de préparer mécaniquement ; mais les procédés de lavage mécanique ne s'appliquent qu'avec des pertes énormes aux schlamms et aux minerais oxydés. Aussi la méthode toute indiquée serait-elle celle par cémentation, comme en Espagne, si l'eau était plus abondante. On a cependant essayé d'introduire ce procédé.

**Fonderies du Chili.** — On compte, au Chili, environ 150 fonderies de cuivre et d'argent.

Les principales sont :

Au Sud : Coronel (Minas y fundiciones Schwager) ; Lota (C^a^ explotodora de Lota y Coronel).

Au Nord : Guayacan, la Serena, Culebra, Tamaya, Andacollo, Sapos, Tambillo, Diaguito, Cogoti, Carrizal, Chañaral, Taltal, Antofagasta, etc.

Les fonderies du Sud sont établies sur les bords de la mer, dans des centres charbonniers, pour utiliser les charbons de moindre choix et les déchets.

Les fonderies de Lota ont produit 10 000 tonnes de cuivre en 1882 ; celles de Coronel 6 000 tonnes en 1884. La production totale du Chili variait, il y a quelques années, avant la réduction amenée par des événements politiques, de 35 à 45 000 tonnes, ainsi divisées :

| | | |
|---|---|---|
| Sud | Lota | 10 000 |
| | Coronel | 6 000 |
| Centre | Guayacan | 8 à 10 000 |
| | La Serena | 4 000 |
| Nord | Tongoy<br>Divers | 10 à 15 000 |
| | | 45 000 |

Le résumé des opérations comprend :

*a.* — Mélange en proportions convenables des minerais oxydés, sulfurés, etc., et de scories riches; fonte pour matte commune (eje) à 50 p. 100;

*b.* — Broyage de l'eje. Mélange avec de l'eje plateado à 70 p. 100 de cuivre, résultant d'une opération suivante;

*c.* — Calcination;

*d.* — Fonte pour cuivre.

*Bibliographie.*

1863. Mines de cuivre et d'or de Remolinos au Chili. (*Bull. Ann. d. M.*, 6e, t. V, p. 510.)
1877. Lipken. — (*Berg. u. Hüttenm. Zeit.*, 1877, p. 129.)
1884. Groddeck, p. 212.
Henwood. — Metalliferous deposits.
1888. Rémaury. — Prod. du cuivre, p. 14.
1889. Davies, p. 158.
1890. Washington Lastarria. — L'industrie minière au Chili.

On peut, d'après V. Groddeck, rattacher aux gisements du Chili, les filons de la *baie d'Algodon, en Bolivie, sur la lisière du désert d'Atacama*[1].

Ces filons ont de 1 à 2 mètres de puissance et contiennent de la chalcosine, de la chalcopyrite, de la pyrite de fer. On y trouve de l'atacamite, qui paraît avoir été produite par l'action de l'eau de mer sur les minerais de cuivre, mais jamais ni azurite ni malachite.

## CUIVRE DU NASSAU

*(Filons de chalcopyrite dans des diabases.)*

Il semble permis de rapprocher des premiers gîtes chiliens et de ceux de l'Oural, ceux du Nassau. Là, V. Groddeck a fait remarquer[2], d'après les travaux de Sandberger[3], que les filons de

[1] 1866. Bibra. — Neues Jahrb., p. 27. (Compte Rendu.)
1881. Groddeck, p. 213.
[2] Page 211.
[3] *Berg u. H. Zeit*, 1877, p. 390.

chalcopyrite se trouvent dans des diabases et des schalsteins (tufs de diabase) dont les cristaux d'augite contiennent toujours du cuivre ; il remarque que la chalcopyrite est plus abondante dans ces veines lorsque la roche est altérée. On peut assurément en conclure, comme il le fait, que le cuivre résulte d'une sécrétion qui a altéré la roche; mais nous préférons admettre que la venue de la diabase a été terminée par des phénomènes hydrothermaux ayant puisé leur cuivre dans les fumerolles profondes de la roche encore chaude et que l'altération de la diabase, autour des filons, résulte de la circulation de ces eaux. V. Groddeck remarque, il est vrai, que les filons s'appauvrissent rapidement en pénétrant, au contact des diabases, dans les schistes à cypridines et les grès ; mais cela s'explique, de toute manière, si l'on admet une relation entre les diabases et le cuivre. Certaines mines du Nassau (Fortunatus, Gnade Gottes et Goldgrube) contiennent d'ailleurs, à côté de la chalcopyrite, de la galène et de la blende et V. Groddeck lui-même est bien forcé de reconnaître en terminant que, dans un grand nombre de cas, la minéralisation des sources n'a pu venir des roches voisines, mais de fort loin.

## CUIVRE DE NEW-JERSEY[1]

(*Phillipsite au contact de diorites dans les grès du trias.*)

A New-Jersey, des éruptions de diorite et de mélaphyre traversent le new red sandstone triasique. Au voisinage, les grès métamorphisés contiennent des minerais de cuivre, souvent avec barytine, tantôt dans des fentes réticulées remplies de phillipsite, tantôt en concrétions arrondies, dont le noyau est formé de cuivre natif recouvert d'une couche de cuprite et, au-dessus, d'une couche de chrysocole mamelonnée. Ces gisements ont donc quelque rapport avec des gîtes de contact étudiés précédemment; mais, d'autre part, ils semblent présenter une certaine analogie avec les

[1] 1866. Gredner. — (*B. u. H. z.*, p. 4 et 143.)
1884. Groddeck, p. 277.

fameux gîtes de cuivre natif du lac Supérieur[1], situés de même dans des grès et conglomérats huroniens (série de Keweenav), auprès des venues mélaphyriques précambriennes.

## CUIVRE DU BANAT ET DE LA SERBIE

Enfin, nous rattacherons encore à cette catégorie de gîtes les gîtes de sulfures complexes observés au contact de certaines diorites dans le Banat.

Nous avons dit, à propos du fer[2], qu'il existait, dans le Banat et la Serbie, une bande de 300 kilomètres de long, dirigée du Nord au Sud, de roches éruptives désignées par V. Cotta sous le nom de banatites et dans lesquelles Niedzwieski a reconnu des diorites. Ces roches traversent les schistes cristallins, le jurassique et peut-être le crétacé. A leur rencontre, les calcaires sont devenus saccharoïdes et se sont chargés de grenat, de wollastonite et d'idocrase. Il s'est, en outre, formé des amas de contact métallifères contenant des sulfures métalliques, de la magnétite, etc. Les principaux sulfures sont la pyrite de fer, la chalcopyrite et la blende, en proportions très variables. Les districts miniers les plus connus de cette zone sont Rezbanya, Morawicza, Dognaczka, Orawickza et Cziklowa.

Les gîtes de *Rezbanya* ont été décrits par Poszepny, comme des fractures du contact remplies par les émanations[3] métallifères. La liste des minerais qu'on y a trouvés est extrêmement complexe :

Or, argent, cuivre natif, bismuthine, chalcopyrite, blende, wulfénite, crocoise, galène, céruse, anglésite, etc.

Von Groddeck a rapproché de ces gîtes ceux de Rodna et Offenbanya dans le Siebenburgen.

A *Rodna*, le minerai est au contact de l'andésite avec des micaschistes et calcaires grenus. C'est un mélange de pyrite de fer, blende et galène qui, d'après Poszepny, se seraient succédés dans

[1] Voir plus loin p. 309.
[2] Tome I, page 660.
[3] Voir Groddeck, p. 309.

l'ordre suivant : 1° pyrite de fer et de quartz; 2° galène, blende, mispickel; 3° dolomie et calcite.

A *Offenbanya*, les minerais sont au contact de trachytes amphiboliques, dans des calcaires grenus.

*Bibliographie.*

1798. Esmarck. — Mineral Reise durch Ungarn, p. 60.

1823. Martini. — In Leonhards taschenbusch, p. 530.

1846. Chancourtois. — Fabrication du cuivre à *Szaszka* et *Tsiklova* (Banat). (Ann. d. M., 4e, t. X, p. 555 et 577.)

1846. Fuchs. — Sur *Oravitza*. (*Beitr. z. Lehre d. Erzlagerstätten*, p. 28.)

1855. Boué. — Sur les mines de cuivre de *Maïdan-Pek* en Servie. (*B. S. G.*, — 2e, XIII, 63.)

1855. V. Hauer et Fötterle. — Übersicht der Bergbaue der österreischichen Monarchie, p. 50.

1857. V. Zepharovich. — Öester. Zeitsch., p. 12.

1862. Peters. Sur *Rezbanya*.— (*Berg. u. Hüt. Z.*, 1862, p. 269. Compte rendu.)

1864. V. Cotta. — (*Berg. u. H. Z.*, p. 118) et (*Erzlagerstätten*, p. 281 et 675).

1867. Castel. — Sur les mines et usines métalliques du *Banat*. (*Ann. d. M.*, 6e, t. XVI, p. 405.)

1873. Tschermak. — Mineral Mittheil., 1873, p. 254 (sur la banatite).

1875. Poszepny. — (*Jahrbuch. d. KK. geol. Reischsanst.*, 1875, Verhandl. p. 40.)

1886. B. Sjögren. — Beiträge zur Kennstniss der Erzlagerstätten von *Moravicza und Dognacska* im Banat und Vergleichung derselben mit den Schwedischen Eisenerzlagerstatten. (*Jahrbuch der KK. geolog. Reichsanstalt* Band XXXVI, p. 575. Vienne, 1886.)

## 3° GÎTES DE CUIVRE FILONIENS

Les filons de cuivre ou, tout au moins, les filons dont le remplissage contient du cuivre sont extrêmement nombreux. Le cuivre peut s'y présenter sous quatre formes principales :

1° A l'état de *chalcopyrite*, à gangue généralement quartzeuse, avec phillipsite et, accidentellement, chalcosine dans les parties hautes, galène et blende, etc... Pour ces minerais, on n'obtient guère, par la préparation mécanique, une teneur en cuivre supérieure à 33 p. 100, et même 25 p. 100, lorsque la gangue est quartzeuse.

Rarement ces filons — comme les autres filons de cuivre, d'ailleurs, mais à un degré plus notable, — renferment seulement

du cuivre ; en général, le remplissage comprend également du plomb et du zinc[1], parfois des métaux précieux. Au *Pérou*, par exemple, la répartition de ces métaux se présente d'une façon constamment la même en profondeur, due sans doute à des actions de métamorphisme postérieur. C'est un point sur lequel nous reviendrons au chapitre de l'*Argent*.

Aux affleurements sont concentrés les métaux précieux ; on a des minerais oxydés argentifères (4 à 5 kilogrammes à la tonne) qu'on peut amalgamer directement. Ces minerais oxydés sont associés avec des sulfures de cuivre (phillipsite, chalcosine, etc...), qui dominent un peu plus bas, minerais bariolés qu'on nomme les pavonados et qui contiennent peu de plomb.

En profondeur, on tombe dans des masses de galène dites *negros* encore un peu argentifères, mais qu'il faudrait traiter par un procédé analogue à celui de Leadville (Colorado) au lieu de l'amalgamation directe, en sorte que ces masses ont été longtemps considérées comme sans valeur. Le cuivre les accompagne à l'état de chalcopyrite en faible quantité.

Comme filons de chalcopyrite, nous décrirons ceux de l'Arizona, qu'on peut encore rattacher à la classe précédente des gisements de contact : ceux du Montana, de Burra Burra en Australie, de Kef-oum-Theboul en Algérie, du Telemark, du Kupferberg en Silésie, de la Lombardie.

Assez souvent, ces filons contiennent une faible proportion d'or (Namaqualand, Styrie, Colorado), que toutes les actions secondaires ont eu pour effet de concentrer, en raison du manque de solubilité de ce métal et qu'on peut, par suite, exploiter dans les parties hautes, lorsque ces parties hautes n'ont pas été enlevées par les érosions et démantelées en alluvions ou, comme cela arrive le plus souvent en Europe, exploitées depuis une très haute antiquité.

Enfin, certains filons couches, du Tyrol et de Hongrie qui, arrivent à former de véritables amas, ont, non plus une gangue quartzeuse, mais une gangue de sidérose.

2° Une seconde forme sous laquelle le cuivre est exploité, c'est

[1] Voir à Kef-oum-Theboul, etc., p. 269.

la *pyrite de fer cuivreuse* à faible teneur en cuivre (2 à 3 p. 100); cette pyrite forme parfois, des amas considérables, comme à Rio-Tinto, Agordo, au Rammelsberg, à Röraas, etc... Les mines de la province d'Huelva, qui rentrent dans cette catégorie, comptent aujourd'hui parmi les principaux centres de production du cuivre.

3° Le cuivre peut exister à l'état de *cuivre gris*, souvent avec gangue de fer spathique. Ces filons de cuivre gris sont recherchés, à cause, non seulement de leur forte teneur en cuivre, mais encore de leur richesse habituelle en métaux précieux. Cependant la gangue de sidérose est gênante pour la préparation mécanique et force à un triage à la main après lequel la scorification reste difficile. En outre, on a toujours constaté, dans les filons de cuivre gris, un appauvrissement rapide en profondeur, avec passage du cuivre à l'état de chalcopyrite, en sorte que bien souvent ces gîtes de cuivre gris ne doivent être considérés que comme les parties supérieures de gîtes de chalcopyrite avec sulfures complexes semblables à ceux de la première catégorie.

Nous nous bornerons à décrire quelques gîtes où l'on n'a exploité que du cuivre gris (Sierra-Nevada, Mousaïa, Djebel-Telouine, Bosnie, Mexique, etc.).

4° Le cuivre se présente à l'état de *cuivre natif*. On sait avec quelle facilité les sels de cuivre se réduisent sous des influences diverses, chimiques ou électriques ; ainsi une solution de sulfate de cuivre, laissée dans une cuve de bois, déposera, sur les joints des douves, des mamelons de cuivre métallique [1].

Par suite, le cuivre natif se présente fréquemment, accompagnant les oxydes, aux parties hautes des filons. Mais il existe, en outre, des gîtes, — et c'étaient, il y a peu de temps encore, les plus importants du monde, ceux du lac Supérieur, — où l'on n'exploite en profondeur absolument que du cuivre natif avec gangue de calcite.

[1] *Ann. chim. et phys.*, t. XXVII, p. 440.

## Aα. — FILONS DE CHALCOPYRITE A GANGUE QUARTZEUSE

### GROUPE DE L'ARIZONA[1]

(*Filons de chalcopyrite, oxydés à la surface, au contact du trachyte vert et du calcaire, à rapprocher des gîtes de contact précédemment décrits.*)

Les gisements de cuivre de l'Arizona, comme ceux du Montana dont nous parlerons plus loin, sont d'une exploitation assez récente. L'éloignement de toutes voies de communication et la préférence de la spéculation pour les gisements d'argent et d'or les faisaient négliger. Aujourd'hui, ils fournissent environ 16 000 tonnes de cuivre par an, quoique les frais de transport à supporter soient encore tels qu'on ne peut fondre, à Old Dominion, des minerais tenant moins de 15 p. 100. Le coke anglais revient sur place à 260 francs la tonne. Aussi s'accumule-t-il de grandes quantités de haldes (tailings), à faible teneur, qu'on pourra, sans doute, traiter plus tard.

Le cuivre de l'Arizona est d'ailleurs très recherché, à cause de sa pureté et de sa conductibilité, pour tous les emplois relatifs à l'électricité.

On a exploité principalement les mines de Old Dominion, Copper-Queen, Arizona, Détroit, etc. En 1887, plusieurs des mines secondaires étaient arrêtées et les principales avaient réduit leur extraction[2]; mais la hausse sur le cuivre, qui s'est produite à ce moment, en a déterminé une certaine reprise.

Au point de vue géologique, on a là un exemple de filons s'insinuant le long de surfaces de moindre résistance, au contact de calcaires qui forment l'ensemble de la région et de trachytes verts amphiboliques qui les recoupent. Les filons traversent nettement le calcaire, mais seulement au voisinage de ces roches, qui peuvent

[1] Coll. *Ecole des Mines*, 1777.

[2] A Copper-Queen, les travaux étaient interrompus; la mine d'Arizona était en perte.

se comparer aux roches vertes et serpentines (satellites habituels du cuivre en Europe), avec un degré d'acidité plus grand. Les filons eux-mêmes, qui ont de 3 à 5 mètres de large, sont remplis, à la surface, d'argiles de décomposition, contenant des masses de minerai qui paraissent avoir une tendance à diminuer en profondeur. Les minerais, dans ces parties supérieures, sont surtout des oxydes, carbonates, etc., avec une gangue ferrifère, manganésifère et un peu calcaire.

La teneur d'un minerai moyen a donné, à la mine de Copper-Queen :

| | |
|---|---|
| Silice | 25 |
| Alumine | 20 |
| Peroxyde de fer | 14 |
| Oxyde de manganèse | 6 |
| Chaux | 5 |
| Magnésie | 3 |
| Oxyde de cuivre | 14,40 |
| Acide carbonique et perte par calcination | 12 |
| | 99,40 |

En profondeur, on trouve de la chalcopyrite.

Une particularité de ces mines, c'est l'exploitation par le système du Comstock ou des cathédrales. On a développé là, en en faisant une véritable méthode, le principe de consolider les vides au moyen de blocs artificiels ; on prépare des cubes en maçonnerie de 2 mètres de côté, avec charpentes formant des arêtes, qu'on juxtapose de manière à remplir les excavations. C'est un procédé coûteux, mais, en somme, assez simple, dont l'inconvénient est dans les éboulements que peut provoquer, soit la pourriture des bois par l'eau, soit le feu.

*Bibliographie.*

1870. (*Engineering*, janv. 1878.)
1888. Rémaury, prod. du cuivre (*Génie civil*), p. 20.
1889. Davies, p. 156.

## CUIVRE DU MONTANA (ANACONDA)

Dans le territoire de Montana (États-Unis), on a découvert, depuis quinze ans, des filons de cuivre, d'argent et d'or d'une

richesse extraordinaire et qui ont rapidement pris rang parmi les centres de production les plus importants du monde. Leur fortune a été telle qu'en huit ans, de 1882 à 1890, la production des seules mines de cuivre de ce district s'est élevée de 4 500 tonnes à 52 000 et a dépassé même celle du lac Supérieur. En 1890, on estimait les frais par kilogramme de cuivre à 0,60, le bénéfice à 1,40. Nous commencerons par donner, sur cette région, quelques renseignements généraux.

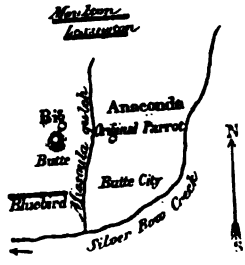


Fig. 211. — Croquis de la région de Butte City.

Le centre en est la ville de Butte (Butte City) qui date de 1877 et, en 1890, avait déjà 35 000 habitants. En 1890, le nombre d'hommes employés à Butte dépassait 6 000, dont 3 000 à l'Anaconda. En cette même année, les usines métallurgiques, que l'on peut diviser en *Silvermills* (moulins d'amalgamation) et *Smelters* (usines de fusion), avaient une capacité journalière de 6 750 tonnes pour les premiers, de 3 500 pour les seconds. La production de métaux qui était de 5 millions et demi en 1881, a atteint près de 500 millions en 1890 (plus de 1 200 millions depuis l'origine).

Les trois principales mines de cuivre, d'argent et d'or que nous aurons à étudier successivement sont : pour le cuivre, l'*Anaconda* (Silver Bow County) ; pour l'argent, *Granite Mountain* (Deer Lodge County, près Philipsburg) ; pour l'or, *Drun Lummon* (Lewis and Clarke County, à Marysville).

Ces deux dernières sont situées au Nord de Butte, près de la ligne du Northern Pacific. R.

D'ailleurs, le cuivre et l'argent sont souvent réunis dans les mêmes minerais ; c'est ainsi que les usines de fusion (smelters), où l'on traite spécialement, par préparation mécanique, grillage et fusion pour matte, les minerais cuprifères, produisent, en même temps, de l'argent. A l'Anaconda, par exemple, les minerais avaient en 1887, une teneur en cuivre de 11,3, donnant, après concentration, 69 p. 100. On y séparait alors et l'on fondait isolément ceux qui renfermaient plus de 1 kilogramme d'argent. Cette mine, achetée 150 000 francs il y a dix ans, est estimée aujourd'hui

plus de 130 millions. Elle est exploitée jusqu'à 300 mètres de profondeur, éclairée à l'électricité, etc.

La *géologie de la région* a été étudiée en 1886 par M. Emmons :

Butte City se trouve dans une dépression drainée par le Silver Bow Creck, entre des massifs de granite au Nord et au Sud, des roches éruptives récentes (parmi lesquelles des rhyolites) à l'Ouest. Au milieu de cette dépression se trouve la « Butte » qui a donné son nom à la ville, un monticule de rhyolite conique de quelque cent pieds de haut. A Butte City même, la roche est du granite; au voisinage, on trouve des porphyres quartzifères et des rhyolites.

Le granite de Butte est un granite à pyroxène (avec hornblende secondaire) et plagioclase abondant; M. Emmons l'a qualifié de granite dioritique ; une autre variété, qu'on trouve à Blue Bird, est, au contraire, uniquement formée de quartz et d'orthose avec un peu de biotite.

Le porphyre quartzifère, d'étendue très restreinte, se présente uniquement sur la colline d'Anaconda. Les rhyolites semblent avoir formé des coulées assez importantes, dont la butte serait un des centres d'émission.

Tous les *gisements métallifères* ont été trouvés dans le granite, jamais dans la rhyolite, mais souvent au voisinage de dykes d'une sorte de rhyolite. On a pu distinguer, à l'Est de la butte, deux zones principales composées de filons Est-Ouest avec des inflexions plus ou moins prononcées :

La première, située au Sud, est celle des mines de cuivre, Butte, Gagnon, Parrott, Anaconda, Mountain View, suivant une ligne générale Est-Ouest, passant par le sommet de la Butte et par la partie Nord de la ville de Butte City. Les filons, toujours quartzeux, y ont été, dans les parties hautes, formés presque exclusivement de sulfure noir de cuivre (mattite) avec gangue de quartz friable; la teneur était alors, en moyenne, de 14 à 16 p. 100; à mesure qu'on s'est approfondi, la chalcopyrite est devenue prédominante et, à 180 mètres de profondeur, la teneur utile s'est réduite à 10 p. 100, en même temps que les scories devenaient plus acides.

La mine *Parrot*, au Sud de Lexington, exploite, à 230 mètres

de profondeur, deux veines parallèles de 1 à 4 mètres qui se rejoignent à l'Est et semblent prolonger le gîte d'Anaconda.

L'extraction est d'environ 300 tonnes par jour et fournit plusieurs classes de minerai : 1° du minerai massif à 35 p. 100 de cuivre et au delà, en sulfure gris et cuivre panaché ; 2° du minerai à concentrer tenant de 10 à 12 p. 100. La teneur en argent est proportionnelle à la teneur en cuivre et varie de 6 à 60 onces (200 à 2 000 grammes).

Ce qui distingue, en général, ces filons, c'est leur puissance et la régularité des fractures; ce sont des « true fissure veins ». Le filon de l'Anaconda, qui mesure 13 mètres d'épaisseur, a pu être reconnu sur 600 mètres de long, 300 de profondeur.

Au Nord de cette zone cuprifère, on trouve une autre zone Est-Ouest de mines d'argent avec peu de cuivre, dont les principales sont : Belcher, Risingstar, Moulton, Alice, Lexington, Magna Carta, Valdemar, Granite Mountain, etc. Là les minerais comprennent des sulfures divers d'argent, plomb et zinc, avec une gangue quartzeuse et une proportion assez forte de silicate de manganèse, qui prend facilement une teinte noirâtre. Aux affleurements, le manganèse avait donné des oxydes noirs, l'argent du chlorure et le plomb du carbonate. La présence du manganèse semble caractéristique de la venue argentifère.

Les variations en profondeur sont analogues à celles qu'on peut observer au Mexique et que nous étudierons au chapitre de l'*Argent*.

Au S.-O. de la Butte, dans le granite de *Bluebird*, cette gangue manganésifère des filons de quartz était tout à fait prédominante dans le remplissage, et la teneur en argent n'était que de quelques onces ; aussi se contentait-on d'exploiter les affleurements comme fondant pour la fusion. Les travaux de la mine de Bluebird ont montré l'existence, en profondeur, d'un minerai de teneur très constante à $1^{kg},5$ d'argent et amené ainsi le développement d'une troisième zone minière.

Tous ces filons présentent des caractères communs :

D'une part, les *cassures* sont remarquablement nettes et très parallèles en général, de direction Est-Ouest, avec une inclinaison de quelques degrés sur la verticale. Dans le détail, elles présentent

d'ailleurs toutes les inflexions et les bifurcations d'un champ de fractures obtenu par torsion. Le phénomène dynamique qui les a ouvertes semblerait connexe de la venue rhyolitique dont plusieurs dykes sont suivis par les filons.

D'autre part, les *phénomènes d'imprégnation*, peut-être même de substitution, auraient, d'après M. Emmons, joué un rôle notable. Il n'y a pas, en effet, suivant lui, de véritables épontes; lorsqu'il y en a d'un côté, il n'en existe pas de l'autre, mais on observe un passage progressif du minerai à la roche de moins en moins pénétrée de pyrites; la limite assignée par les mineurs aux filons ne dépend que des conditions d'exploitabilité; M. Emmons suppose même que le granite a été attaqué à partir d'une première fissure étroite, ses éléments basiques dissous d'abord, puis ses éléments feldspathiques.

*Bibliographie du Montana.*

1869. KLEINSCHMIDT. — (*Berg. u. Hütt. Zeit.*, p. 98 et 185.)
1878. (*Engineering and mining journ. of New-York*, janv. 1878, p. 53.)
1884. GRODDECK, p. 306.
*1887. EMMONS. — Notes on the geology of Butte, Montana. (*Trans. of the amer. ins. of mining engineers.*)
1888. RÉMAURY. — La prod. du cuivre, p. 31.
1889. DAVIES, p. 51.
1889-90. Butte City. (Album souvenir.)
1891. DE BILLY. — Notes de voyages inédites.

## CHALCOPYRITE DE BURRA-BURRA (AUSTRALIE), DU NAMAQUALAND, ETC.

**Burra-Burra (Australie)** [1]. — Les filons de *Burra-Burra*, en Australie, célèbres pour leur richesse en minerais de cuivre, sont situés dans des roches sédimentaires anciennes et métamorphiques. Ils ont de 10 à 14 mètres de puissance; quatre d'entre eux sont dirigés

[1] Coll. *École des Mines* 1956.
Sur *Burra-Burra* : 1875. Gurlt. — (*Verhandl. d. naturh. Verh. d. Prov. Rheinl. u. Westph.*, 1875, p. 60.)
1884. GRODDECK, p. 272.

Nord-Sud et trois Est-Ouest, ils forment, entre eux, de nombreux croisements. On trouve souvent la serpentine aux salbandes.

A la surface, il existe un chapeau de fer hydroxydé ; plus bas des oxydes de cuivre : cuprite, malachite, azurite, atacamite, cuivre natif avec quartz ; plus bas encore, au filon Allens, de la phillipsite et de la chalcopyrite avec gangue quartzeuse.

**Namaqualand**[1]. — Il existe, dans le petit Namaqualand, des filons de chalcopyrite aurifère à gangue de quartz, qui rentrent dans le groupe des filons de chalcopyrite dont nous nous occupons en ce moment. Ces filons traversent des schistes et des granites ; dans les schistes, ils ont l'allure de filons couches et forment, en certains points (Springbokfontein), des amas à aspect interstratifié ; dans les granites, ils prennent une direction presque perpendiculaire. Ils sont souvent recoupés par des filons de granulite plus récente :

Les minerais sont la chalcopyrite, la phillipsite et la chalcosine, souvent aurifères ; on y trouve, comme produits accessoires, l'or, natif, la pyrite de fer, le cuivre gris, la molybdénite, etc... La gangue est quartzeuse avec un peu de calcite et rarement de barytine ; la sidérose et la fluorine manquent absolument. Une argile blanche kaolinique accompagne souvent les minerais. A la surface, les filons sont recouverts d'un chapeau de fer.

On peut rapprocher, de ces filons de chalcopyrite aurifère, ceux d'*Utica* (Colorado) et ceux de *Kritz ;* ceux de *Waschgang*, de *Grossflagrant*, etc., dans la haute Carinthie.

**Waschgang (Carinthie)**[2]. — Les mines de *Waschgang* sont situées près de Döllach, dans la vallée du Möll. Ce sont des filons de quartz, avec mouches plus ou moins abondantes de chalcopyrite, contenant une certaine proportion d'or, variable avec celle du cuivre. Un minerai à 17 p. 100 de cuivre renferme 0,005 d'or à la tonne ; un minerai à 3 p. 100 de cuivre donne 0,002 d'or à la tonne.

[1] Sur le *Namaqualand* : 1861. Knopf. Neues Jahr. f. Min., p. 51 . Groddeck, p. 275.

[2] Notice de M. Rochata en 1876.

Les gîtes de *Gross Flagrant* sont situés à trois lieues de la gare de Saxenbourg dans la même région. Les minerais jaunes à 20 p. 100 de cuivre renferment 0,005 p. 100 d'or et 0,06 p. 100 d'argent; ceux à 9 ou 10 p. 100 de cuivre, 0,0024 d'or et 0,02 d'argent; enfin ceux à 4 p. 100 de cuivre, 0,001 d'or et 0,01 d'argent.

Nous aurons à les rappeler, au chapitre de l'*Or*, comme indices d'une venue aurifère en Europe, à l'époque permo-triasique.

## CUIVRE DE KEF-OUM-THEBOUL (ALGÉRIE)[1]

*(Filons complexes de pyrite de cuivre, blende et galène argentifère.)*

La mine de Kef-Oum-Theboul est située en Algérie, près de la frontière tunisienne, à 5 kilomètres environ de la mer et à 12 kilomètres à l'Est de la Calle. C'est un type de gisement filonien récent de pyrite de cuivre associée à des sulfures complexes.

La montagne du Kef, composée de marnes schisteuses et grès

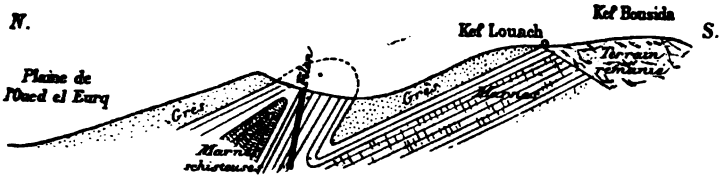



Fig. 212. — Coupe géologique de la région de Kef-oum-Theboul.

tertiaires (fig. 212), est traversée par un filon ramifié, dirigé E.-O., incliné vers le Nord à 65°, et recoupant les schistes sous un angle assez faible. On distingue, dans ce filon, trois principales veines : veine du toit connue seulement à l'Est, veine principale et veine de mur. A l'Est, le filon vient buter et s'arrêter contre une autre veine N.O.-S.E., dite la veine du cuivre. (Voir fig. 214.)

Le remplissage est formé de pyrites de fer et de cuivre, blende

[1] Coll. *École des Mines*, 1786. — Cf. gîtes du cap Tenez, Oued Allelah et Oued Merdja (Algérie) : Coll. *École des Mines*, 1952.

et galène argentifère avec quartz dominant, barytine accidentelle et argile blanche. Ces minerais sont toujours mélangés intimement (ce qui rend la préparation mécanique difficile) et semblent faire partie d'une même venue métallifère; pourtant on trouve isolément de la pyrite de fer ou de la galène; mais le minerai cuivreux est toujours complexe. On a cru remarquer que la pyrite de fer avait cristallisé avant la pyrite de cuivre et celle-ci avant la blende. La teneur en argent diminue rapidement en profondeur.

Les parties riches du filon présentent la forme de colonnes plongeant légèrement de l'Ouest vers l'Est, comme le montre une coupe théorique Est-Ouest (fig. 213) dans le plan du filon. Ces colonnes, au nombre de 3, se rejoignent près des affleurements, formant là une zone riche continue, depuis longtemps épuisée.

La colonne de l'Ouest se prolonge, sans accident jusqu'à 80 mètres au-dessous du 10e niveau; la colonne du centre se bifurque assez vite; celle de l'Est, ou Grand-Large, est formée de la réunion de la veine principale avec la veine du mur et la veine de cuivre; cette dernière, résultant d'une cassure un peu oblique sur le filon Est-Ouest principal, paraît avoir été remplie en même temps.

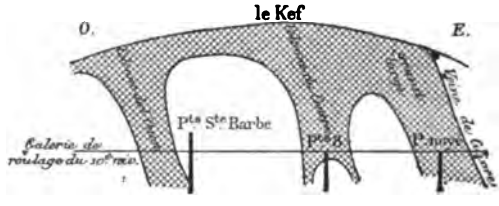
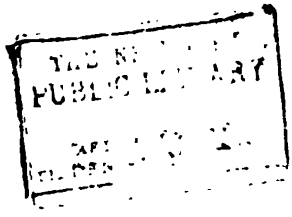


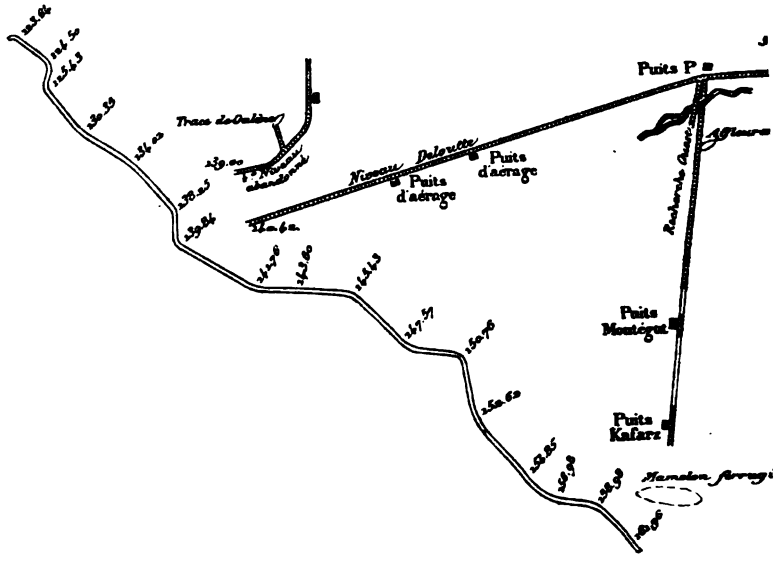

Fig. 213. — Coupe verticale (théorique) de la région de Kef-oum-Theboul.

Les minerais extraits se répartissent (1888) de la façon suivante :

En général 1 000 kil. de minerai brut donnent 717 kil. de minerai de fusion.

- Galène : 1 p. 100.
- Pyrite cuivreuse, n° 2 : 1 p. 100.
- — n° 2 *bis* : 1,5 p. 100.
- — n° 3 : 40 p. 100.
- Blende. . . . . } 2 —
- — galénifère. . }
- Complexes lavés . . . 30 —
- — en roche (ne se vendant pas), 7 p. 100.
- Stérile : 17,5 p. 100.


PUBLIC


Puits P m
Puits d'aérage
Puits d'aérage
Puits Montégut
Puits Kafarz

Ces minerais ont, à leur tour, la composition moyenne suivante :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Galène | 47.6 pour 100 plomb.<br>1 238 gr. d'argent, par tonne.<br>1 gr. 953 d'or, par tonne. | | |
| Pyrite cuivreuse | n° 2 . . | Cuivre . 14 p. 100.<br>Argent . 33 onces par 1 015 k. | |
| | n° 2 *bis*. | Cuivre . 4 p. 100.<br>Argent 48 onces par 1 015 k. | contient de la galène |
| | n° 3 . . | Cuivre . 2,45 p. 100.<br>Argent . 13 onces par 1 015 k. | |
| Blende | 35,75 p. 100 de zinc.<br>260 gr. d'argent par tonne. | | |
| Blende galénifère | 33,7 p. 100 de zinc.<br>9 p. 100 de plomb.<br>347 gr. d'argent par tonne. | | |
| Complexes lavés | Cuivre. . 1,76.<br>Argent 10 onces, par 1 015 kil. (le plomb et le zinc ne sont pas payés). | | |
| Matte | Cuivre 9$^{kr}$,87.<br>Argent 50 onces par 1 015 kil.<br>Or. . 0,9 — | | |

Le prix de revient, par tonne de minerai brut, est en moyenne

| | |
|---|---|
| Abatage . . . . . | 5,91 |
| Sortage . . . . . | 1,41 |
| Triage . . . . . | 0,90 |
| Surveillance . . . . . | 0,46 |
| Boisage . . . . . | 0,57 |
| Remblayage . . . . . | 0,24 |
| Voies de chemins de fer . . . . . | 0,36 |
| Galeries et matériel . . . . . | 1,70 |
| | 11,02 |

Le rendement du mineur (et aide) est de 1$^{t}$,458 par jour (1$^{t}$,293). Cette mine qui est, après les mines de fer, la plus importante d'Algérie, a fourni, en 1888 : 14 400 tonnes de minerai valant 337 000 francs et transportées, soit à Anvers, soit à Swan-

*Bibliographie.*

1877. Lebdux. — Rapport sur les mines du Kef-oum-Theboul. (Marseille, Boulsson.)

1890. Friedel. — Journal de voyageinédit à l'Ecole des mines, p. 91.

## CHALCOPYRITE DU TELEMARK

Le district métallifère du Telemark se trouve en Norvège, à 15 kilomètres à l'Ouest de Kongsberg[1]. Il est formé de quartzites et schistes amphiboliques, traversés par des filons des granulite avec lesquels les minerais de cuivre seraient d'après V. Groddeck, en relation. Ces filons de granulite, dont la puissance varie depuis 0,05 jusqu'à 8 mètres, sont très riches en quartz et très pauvres en mica et contiennent accessoirement de la magnétite, du grenat, de l'apatite, du béryl, etc. Le cuivre, associé à du quartz, s'y trouve, paraît-il, en nids, en sécrétions et en veines qui ressemblent à des fentes de retrait de la roche. Néanmoins, en général, les filons se prolongent dans les quartzites voisins du granite sans changer d'allure. Le remplissage est formé de quartz gras, chalcosine et cuivre panaché, avec molybdénite, chalcopyrite, magnétite, oligiste, or et argent natif, parfois un peu de bismuth telluré (ces derniers minéraux plus rares).

En profondeur, tous les filons du Telemark sont devenus inexploitables.

*Bibliographie.*

1845. Th. Scheerer. — (*B. u. H. Z.*, p. 854.)
1863. Th. Scheerer. — (*B. u. H. Z.*, p. 157.)
1871. Herter. — (*Zeitschr. d. d. geol. Gesell.*, t. XXIII, p. 377.)
1884. Groddeck, p. 267.

## CHALCOPYRITE DU KUPFERBERG (SILÉSIE)[2]

Dans le Kupferberg silésien, on trouve également des filons de quartz et chalcopyrite traversant des schistes cristallins, gneiss, micaschistes et amphibolites, au voisinage de filons de porphyre.

[1] Nous empruntons cette description, ainsi que la suivante, à V. Groddeck, p. 267.
[2] 1870. Roemer. Geol. v. Oberschlesien, p. 3.
1884 Groddeck, p. 271.

On distingue, dans cette région très minéralisée, des filons cuivreux, des filons plombifères, et enfin des filons barytiques, qui paraissent s'être succédé dans l'ordre où nous venons de les énumérer.

Parmi les filons cuivreux, il y a également plusieurs catégories :

1er groupe : E. O. (le plus développé), quartz avec nids de chalcosine, cuivre panaché, chalcopyrite et blende ;

2e groupe : N. 150 à 165° E. — première formation : quartz, chalcopyrite, mispickel; puis feldspath blanc ou rose; enfin, calcite, fluorine et braunspath ;

3e groupe : N. 120 à 135° E. — quartz avec chalcopyrite, pyrite de fer, mispickel, chalcosine, cuivre gris. Ces derniers filons ont la même direction que la roche encaissante.

## GÎTES DES VALS TROMPIA, SABBIA ET SASSINA[1]

### (LOMBARDIE SUPÉRIEURE)

M. Fuchs a consacré un mémoire à quelques gisements filoniens inexploités, d'âge postriasique, peut-être tertiaire, et composés de minerais de cuivre et de galène, qu'il avait visités dans la Lombardie septentrionale; nous en résumerons ici les principaux éléments géologiques.

La Lombarbie septentrionale, c'est-à-dire la partie du versant méridional des Alpes comprise entre le lac Majeur et le lac de Garde, présente, au point de vue des gisements métallifères, un certain intérêt.

Ces gisements sont concentrés dans le trias, le permien et les schistes situés au-dessous. Le trias lui-même comprend :

1° Le grès bigarré : assises schisteuses très repliées avec quelques lentilles ferrugineuses activement exploitées autrefois;

2° Le muschelkalk : assises calcaro-schisteuses avec amas de calamine à Fontanelli (val Sabbia) et filons de galène à Provaglio di Sotto et couches puissantes de dolomie avec gisements de galène, au lac de Côme (Ballabio, Laorca) ;

[1] Coll. *École des Mines*, 1521.

3° Marnes irisées à structure schisteuse et très contournées.

Le permien, à l'état de grès rouge de 5 à 600 mètres d'épaisseur, est traversé par la plupart des filons métallifères, qui s'y appauvrissent en général; mais c'est surtout au voisinage de son contact avec des schistes anciens subordonnés que se trouvent les gisements métallifères.

Comme roche éruptive, on doit citer à Nozza (val Sabbia) une roche porphyrique verdâtre au-dessus de laquelle le jurassique inférieur est placé et que recouvrent des grès du tertiaire moyen. Dans le val Trompia, on trouve des porphyres pyroxéniques et des mélaphyres auxquels on a attribué un âge analogue et rattaché les filons de plomb. Les serpentines, venues postérieurement aux mélaphyres et peut-être accompagnées de cuivre, n'ont qu'une importance des plus restreintes.

Les gisements du *val Sabbia* se rapportent à deux formations distinctes, l'une de cuivre, l'autre de plomb argentifère.

Les filons de cuivre, considérés par M. Fuchs comme les plus récents, forment des fentes nettes à travers les mélaphyres. On y rencontre, aux affleurements, un mélange d'oxyde, de carbonate, de chalcopyrite et de cuivre gris avec de la calcite et de la baryte sulfatée. Le plomb se trouve dans quelques filons, avec de la blende noire en mouches zonées, au milieu d'une gangue composée : de baryte sulfatée à Dosselli, de calcite à Provaglio di Sotto. Aucun travail sérieux n'y a été fait.

Dans le *val Sassina,* on a des filons de galène, blende et chalcopyrite avec gangue de dolomie, sidérose, quartz et barytine.

A l'extrémité occidentale du val Sassina, près du lac de Côme, les minerais sont disséminés dans une assise dolomitique du muschelkalk à l'état de veinules de galène avec calcite, sans autres sulfures métallifères [1].

Le *val Trompia* est la partie la plus minéralisée de la région : Dans la vallée de Pezzaze, les mélaphyres sont recoupés par des roches vertes serpentines qu'on a comparées à celles de

[1] 1868. Fuchs. *Ann. d. M.*, 6e, t. XIII, p. 411.
On peut rapprocher ces gisements de ceux que nous étudierons à Raibl, en Silésie, etc., au chapitre du *Plomb*. Le muschelkalk de l'Europe centrale est fréquemment métallifère.

Monte-Catini. On a trouvé là quelques filons de sidérose exploités pour les fabriques d'armes des environs de Brescia et contenant des mouches de chalcopyrite et cuivre gris paraissant résulter d'une réouverture; à Navazze et Torgola, les filons semblent assez nets et continus ; celui d'Augusto contient de la galène avec du spath-fluor ; celui dei Kemmi, le plus important de tous, qui n'a pas moins de 3 mètres d'épaisseur, renferme un remplissage double : au toit, quartz, pyrite et sidérose ; au mur, galène, fluorine et calcite. Il recoupe le grès rouge.

Dans l'ensemble, on paraît avoir affaire à deux groupes déterminés : filons cuivreux, filons plombeux. Ces derniers, dirigés en général N. 15° O., ont été remplis par deux venues distinctes : 1° galène, blende, spath-fluor, calcite, quartz ; 2° sidérose et chalcopyrite.

Les tentatives de recherches, qui ont été faites il y a une vingtaine d'années, n'ont pas donné de résultats favorables.

## A β. — CHALCOPYRITE A GANGUE DE SIDÉROSE.

### KITZBÜCHEL (TYROL) ; KOTTERBACH (HONGRIE), ETC.

(*Filons couches de sulfures divers, en particulier de chalcopyrite, avec gangue de sidérose, et parfois de cinabre*[1], *imprégnant des schistes.*)

Les filons de chalcopyrite que nous avons étudiés jusqu'ici avaient tous une gangue quartzeuse. Il existe, au contraire, dans le Tyrol, quelques gisements où la gangue est de la sidérose. Ces gisements, qui présentent une certaine analogie avec les fahlbandes norvégiennes, dont nous aurons à parler à diverses reprises[2], se trouvent auprès de Kitzbüchel, de Kupferplatten, de Kelchalp, de Rörobüchl, etc., et sont compris dans des phyllades et grauwackes siluriens ; ils ont été décrits par Schmidt comme des amas stratifiés, par Stapff comme des filons-couches en relation avec des ramifications filoniennes coupant transversalement la stratification et nous semblent résulter assez nettement de l'imprégnation

[1] Nous aurons à revenir sur des gîtes comparables quand nous nous occuperons du cuivre gris (p. 307) et, plus tard, au chapitre du *Mercure*.

[2] Voir plus haut, au *Nickel*, p. 63, 73, etc.

filonienne de schistes anciens par des dissolutions ayant apporté les sulfures de fer et de cuivre associés avec la sidérose.

Les schistes métamorphiques qui contiennent la pyrite forment, au milieu des phyllades inaltérés, une grande masse de 900 mètres de long sur 300 mètres de large. La description de ces gîtes et de quelques autres analogues en Hongrie pourra donc nous servir de transition pour arriver aux amas de pyrite de fer cuivreuse que nous aurons à examiner ensuite.

A *Kupferplatten,* on connaît huit filons-couches parallèles, superposés, de $1^m,50$ à 2 mètres, exceptionnellement de 4 mètres d'épaisseur, contenant des noyaux et sécrétions de chalcopyrite ou plus rarement de pyrite de fer avec de la dolomie ferrugineuse et du quartz. Au voisinage des parties riches, on trouve un schiste encaissant dur et clair (*lagerschiefer*); au voisinage des parties pauvres, un *schiste sauvage* foncé, fissuré et irrégulièrement schisteux.

A *Mitterberg*, à 8 kilomètres à l'Ouest de Bischofshofen, aux environs de Werfen, on exploite, de même, un filon couche de 2 à 3 mètres de large dans les phyllades siluriens. Ce filon, composé de concentrations pyriteuses dans le schiste, est accompagné, des deux côtés, sur quelques mètres de large, par des schistes métamorphiques de couleur claire, qui passent graduellement au schiste normal, dit schiste bleu. Le schiste altéré, dit lagerschiefer, est imprégné de pyrite de fer et de cuivre, qui se groupent, avec du quartz et de la sidérose, dans une série d'amas lenticulaires. Tantôt quartz, sidérose et pyrite sont mélangés sans aucun ordre; tantôt la sidérose et la chalcopyrite sont enveloppés de quartz. On rencontre parfois un peu de cinabre, de tennantite et des traces de nickel.

Le métamorphisme des roches encaissantes semble être, comme dans la plupart de ces gisements, en relation avec des actions de surface et cesser en profondeur.

### *Bibliographie.*

1865. Stapff. — (*Berg. u. Hüt. Zeit.*, 1865, p. 18 et 29.)
1867. Schmidt. — (*Berg. u. Hüt. Zeit.*, 1867, p. 401 et 1870, p. 174.)
1879. Groddeck, p. 261.
1890. Von Friesse. — Bilder von den Lagerstätten bei Kitzbüchel (Vienne).

En *Hongrie*, à *Kotterbach*, *Szlovinka* et *Göllnitz*[1], dans les schistes de Gomor Zipse, le caractère filonien est mieux accusé, pour des filons couches analogues, par la présence de véritables filons transversaux.

A *Kotterbach*, les deux filons exploités, filon Grobe et filon Drozdziakow, contiennent de la chalcopyrite, du cinabre et du mercure natif avec de la sidérose, du quartz et de la barytine. Les intercalations de schistes encaissants dans le gîte sont constantes et en élèvent la puissance jusqu'à 40 mètres.

A *Szlovinka*, les deux filons principaux, le filon Grobe et le filon Kahlehöh, se croisent et sont accompagnés de ramifications secondaires. Le filon *Grobe* est parallèle à la stratification et contient essentiellement des lentilles de chalcopyrite dans la sidérose avec un peu de cuivre gris argentifère, de chalcosine et de cinabre, du quartz et de la calcite. Le filon *Kahlehöh*, lui, est essentiellement quartzeux et contient peu de fer spathique. On y trouve des lentilles de chalcopyrite et, près de la surface, de l'or natif.

V. Groddeck rapproche de ces gisements :

Les filons de cuivre du *Venezuela*[2], ceux de l'Alp, dans la vallée de la *Romanche* (*Dauphiné*[3]), les filons couches de cuivre gris et chalcopyrite de *Sierre en Valais*[4], ceux de *Baigorry près Saint-Etienne en Navarre*[5], ceux d'*Elvas en Alentejo*[6], enfin ceux de *Mürtschenalp, canton de Glaris*[7].

[1] 1867. Faller. *Berg. u. Hüt. Jahrb. der ostr. Berg. acad.*, t. XVII, p. 132. 1879. Groddeck, p. 264.

[2] Sur le Venezuela : Klemm. *Berg. u. Hüt. Zeit.*, 1859, p. 281 et 289.

[3] Sur la Romanche : Grafl. *B. u. Hüt. Z.*, 1866, p. 346.

[4] Sur Sierre en Valais : Ossent. *B. u. Hüt. Z.*, 1868, p. 245.

[5] Sur Saint Etienne : Cotta. *Erzlagerstätten*, t. II, p. 439.

[6] Sur Elvas : Braun. *N. Jahrb. für Miner.*, 1876, p. 385.

[7] Sur Mürtschenalp : Tröger. *B. u. Hüt. Z.*, 1860, p. 308. Stöhr. *N. Jahrb. für Miner.*, 1865, p. 351.

## B. — AMAS DE PYRITE DE FER CUIVREUSE

### GÉNÉRALITÉS

Il arrive fréquemment que la pyrite de fer contienne une certaine proportion de cuivre. Lorsque cette pyrite forme des amas importants, il suffit que cette teneur atteigne 2 à 3 p. 100 pour que le gisement puisse être exploitable. Quelques amas de ce genre ont été trouvés successivement à Fahlun en Suède; Röraas, Vigsnaes, etc... en Norvège; Agordo en Vénétie; au Rammelsberg dans le Harz; à Rio-Tinto, Tharsis, San-Domingos en Espagne et Portugal, etc...

Tous ces amas se présentent, à certains points de vue, dans des conditions analogues : 1° ils sont toujours au milieu de schistes; 2° ils affectent une forme lenticulaire et se sont souvent terminés en profondeur, sans qu'on ait cherché à vérifier si, au-dessous d'un amincissement, on ne retrouverait pas une seconde lentille minéralisée; 3° ils ont une teneur en cuivre assez uniforme, d'environ 2 à 3 p. 100; 4° ils sont signalés à la surface par un chapeau de fer hydroxydé correspondant à la zone où les eaux superficielles ont pu exercer leur action métamorphique.

Leur origine est assez obscure. Dans certains cas, comme au Rammelsberg, la pyrite, intercalée au milieu de schistes fortement plissés, en épouse, par sa forme extérieure, toutes les inflexions et présente elle-même une allure zonée correspondant à une schistosité ancienne. Alors, en dépit d'objections graves que nous présenterons plus loin, nous admettrons, avec les géologues allemands qui ont étudié le gîte sur place, qu'on a affaire à un dépôt sédimentaire sous-marin, analogue par exemple aux schistes cuivreux du Mansfeld[1] et postérieurement plissé. Nous renverrons donc la description du Rammelsberg au chapitre des *Gîtes de cuivre sédimentaires*.

Dans d'autres cas, au contraire, comme à Rio-Tinto, l'amas pyriteux, tout en s'interstratifiant grossièrement au milieu des schistes, les recoupe en des points nombreux, ne présente aucune espèce de stratification interne, mais est accompagné par des veines quart-

[1] Voir plus loin, p. 329.

zeuses et associé avec des roches éruptives ainsi qu'avec des amas semblables situés, au voisinage, dans des terrains d'âge différent, en sorte qu'on est contraint d'admettre, pour lui, une origine filonienne.

Enfin, les amas intercalés dans le terrain, dit primitif, de Scandinavie, à Fahlun, Röraas, Foldal, Vigsnaes, etc., présentent souvent un cas intermédiaire : des apparences d'interstratification assez prolongées, associées à des fractures nettement filoniennes. Pour nous, qui ne croyons en aucune façon que le terrain primitif se soit déposé du premier coup sous son aspect actuel, mais qui supposons qu'il a été formé d'abord de schistes, grès, calcaires, etc., transformés ensuite par métamorphisme en gneiss, leptynites, amphibolites, etc., l'explication paraît être que la venue pyriteuse filonienne est là très ancienne et contemporaine de ce métamorphisme lui-même.

Il y aurait, à coup sûr, quelque bizarrerie, alors que nous trouvons, en divers points, des gisements de sulfure de cuivre nettement sédimentaires comme ceux du Mansfeld, de Perm, etc., à nier absolument (en dehors du Rammelsberg, cité plus haut) la possibilité que des gîtes de pyrite de fer cuivreuse, plus ou moins renflés en amas, puissent avoir une origine semblable; mais précisément nous sommes frappé de constater, en général, combien les caractères de ces amas diffèrent des fines interstratifications cuivreuses si régulières, si intimement mélangées à la masse, du schiste du Mansfeld, etc.; en outre, nous ne comprenons pas, s'ils sont d'origine sédimentaire, pourquoi nous n'en trouvons jamais dans des terrains horizontaux et tranquilles, mais seulement dans des couches redressées, percées de roches éruptives ou métamorphisées. C'est pourquoi, dans la majeure partie des amas pyriteux, nous admettrons l'origine hydrothermale et profonde.

Mais comment s'est produite cette venue hydrothermale, qui a laissé des dépôts de telle dimension (550 mètres sur 100 en coupe horizontale à Rio-Tinto) et qui n'a marqué son empreinte par aucune structure zonée et concrétionnée, c'est ce qu'on se figure malaisément[1].

[1] La formation de ces masses énormes, *non stratifiées*, par des phénomènes de sédimentation, serait encore moins explicable.

Pour notre part, nous serions porté à en chercher l'interprétation dans les phénomènes qui se passent au griffon d'une source thermale sulfureuse suintant au milieu de schistes, comme celles de Bagnères-de-Luchon, par exemple.

Une semblable source qui, dans le granite ou dans toute roche compacte, sortirait par une fracture unique et mince, s'éparpille au milieu des schistes, s'infiltre par tous les interstices laissés par la stratification, par toutes les cassures, et, comme elle se charge d'acide sulfurique en présence de l'oxygène de l'air, elle attaque ces schistes, les transforme peu à peu en une boue qu'elle entraîne, et substitue à eux un dépôt qui remplit tous les vides. Son émergence une fois ainsi obstruée par elle-même, elle change de trajet dans l'intérieur du sol et va sortir un peu plus loin. Le phénomène le plus simple et aux proportions les plus restreintes est ainsi susceptible de constituer un dépôt d'une certaine étendue.

Nous croyons que quelque chose d'analogue a dû se produire à la suite de certains grands mouvements de plissement de l'écorce terrestre, ayant amené au jour des roches basiques (diabases de San-Domingos, gabbros de Norvège, etc.). Les eaux de la mer, chargées de sulfates en même temps que de chlorures, ont été, à ce moment, introduites en masse jusqu'au magma interne ou, du moins, jusqu'à ses fumerolles réductrices qui apportaient du fer avec d'autres métaux. Remontant au milieu des schistes, elles ont dû y trouver des zones brouillées, froissées, peut-être aussi de grands vides ; loin du contact de l'air qui aurait oxydé leurs dépôts, elles ont alors, partie par simple précipitation chimique, partie par substitution aux schistes, formé les dépôts sulfurés divers, que nous appelons en Norvège des fahlbandes lorsqu'ils sont peu étendus et très allongés[1], que nous avons décrits comme filons couches à Kupferplatten, Mitterberg, etc.[2], lorsqu'ils ont bien ménagé l'allure primitive du schiste, que nous étudions enfin ici sous le nom d'amas pyriteux. C'est pourquoi, croyons-nous, ces amas se trouvent uniquement dans les schistes, qui seuls se sont prêtés à la formation de semblables vides et de

[1] Voir page 63, et, plus loin, au gîte d'argent de Kongsberg.
[2] Page 273.

semblables phénomènes de substitution. C'est pourquoi aussi, puisque l'apparition au jour de ces amas sulfurés lenticulaires n'a pu se faire, à notre avis, que très postérieurement à leur cristallisation et par érosion, il est parfaitement possible qu'au-dessous d'un amas terminé et d'une exploitation abandonnée, on ait chance de trouver, après un amincissement stérile, un nouvel amas, aussi bien et dans les mêmes conditions qu'en plan horizontal où ces formations en chapelet sont fréquentes et bien connues.

Nous irons plus loin et dirons que, pour nous, l'interstratification de la pyrite dans des couches plissées n'est nullement une preuve que la venue de la pyrite ait été antérieure au plissement et serait même, lorsqu'on ne constate pas, dans cette pyrite, de plans de fracture et de zones de brouillage postérieurs, une preuve du contraire. En effet, si une roche aux zones alternantes nettement plissées, de pyrite et de quartz et feldspath par exemple, roche massive et compacte, avait été d'abord, avec sa compacité actuelle, formée de ces zones alternantes horizontales, puis soumise à une action de plissement, elle se serait rompue et fragmentée, mais non plissée comme une pâte molle sans fractures. Au contraire, si l'on admet que des schistes tendres aient été d'abord soumis à ce phénomène mécanique ; puis, que la venue pyriteuse, passant à travers les interstices sinueux, y ait cristallisé et, alors seulement, ait fait de ces schistes flexibles une roche solide, tout devient parfaitement clair et compréhensible. Nous aurons à revenir sur cette idée qui peut, croyons-nous, être invoquée aussi comme un argument en faveur de l'origine métamorphique des gneiss, à propos des gîtes de blende d'Ammeberg.

Ces remarques faites, nous allons décrire les principaux amas pyriteux dans l'ordre des terrains où on les trouve encaissés :

1° Dans la partie supérieure des gneiss : Fahlun en Suède ;

2° Dans le huronien, peut-être même dans le précambrien : Röraas et Foldal en Norvège.

3° Dans les schistes anciens (?) : Vigsnaes en Norvège.

4° Dans le carbonifère : Rio-Tinto en Espagne ; San-Domingos en Portugal.

5° Dans le trias : Agordo.

## AMAS PYRITEUX DE FAHLUN (SUÈDE)[1]

Les gisements de pyrite de fer cuivreuse de Fahlun[2] sont situés au voisinage de la ville du même nom, au Nord-Ouest de Stockholm.

Leur exploitation est fort ancienne ; elle était déjà commencée au XIV^e^ siècle (1347), et, pendant longtemps, Fahlun a été le centre le plus important de la production du cuivre en Scandinavie (3 300 tonnes, en moyenne, au XVII^e^ siècle) ; aujourd'hui encore, c'est la mine qui produit la plus grande quantité de pyrite, comme le montre le tableau suivant :

| MINES DE CUIVRE DE SUÈDE | MOYENNE DE L'EXTRACTION ANNUELLE 1870-79 | MAXIMUM DE LA PROFONDEUR VERTICALE en 1875 |
|---|---|---|
| Fahlun | 24 438 | 356 |
| Atvidaberg | 9 261 | 409 |
| Bjelke | 2 240 | 72 |
| Kafveltorp | 1 040 | 92 |
| Fröa | 663 | 60 |
| Solstad | 177 | 320 |
| Ljusnanberg | 355 | 113 |
| Tunaberg | 286 | 180 |
| Extraction annuelle moyenne des mines précitées | 38 760 | |
| » de la totalité du pays. | 40 638 | |

Mais, au point de vue de la production du cuivre métal, Atvidaberg a pris le premier rang.

Voici les chiffres pour Fahlun, il y a quelques années :

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1882 | 17 656 t. de minerai | 535 t. de cuivre | 456 kil. d'argent. |
| 1883 | 16 251 t. — | 532 t. — | 374 — |
| 1884 | | 459 t. — | 443 — |

Après 1884, la production de cuivre a continué à osciller autour de 500 tonnes par an.

Depuis 1876, une transformation radicale s'est opérée dans le traitement métallurgique ; il y a eu substitution de la voie humide

[1] Coll. *École des Mines*, 1538. Notes de voyage de l'auteur en 1890.

[2] Ou Falun.

à la voie sèche. En outre, en 1881, on a découvert, dans le gisement cuivreux, de l'or natif, dont on extrait environ 70 kilogrammes par an.

Le nombre des ouvriers est de 150 à la mine.

**Géologie générale.** — Les environs de Fahlun, comme le montre une carte géologique due à M. Törnebohm, comprennent : 1° gneiss gris fin, quartzites et micaschistes; 2° leptynites (appelées granulites par les géologues suédois); 3° gneiss-granite rouge; 4° granite rouge; 5° granite gris; 6° diorite et gabbro-diorite; 7° diabases.

Le terrain primitif présente, aux alentours immédiats de Fahlun, des gneiss gris, des schistes micacés passant à des quartzites et des alternances feldspathiques analogues aux roches que nous appelons leptynites dans le plateau central français et que les géologues suédois désignent sous le nom de granulites. Ces divers terrains, par suite des plissements qu'ils ont subis, forment des bandes successives, dirigées dans l'ensemble Est-Ouest, avec un plongement presque vertical, mais présentant, dans le détail, une série d'inflexions qui sont particulièrement sensibles aux environs les plus proches de Fahlun. Du côté Nord, vers Stennäset, ces terrains sont bornés par un massif de granite gris, du côté Sud par du gneiss-granite.

Comme roches accessoires, on trouve, vers l'Ouest, un certain nombre de massifs de diorite et de gabbro-diorite alignés suivant la direction générale de la schistosité et qui paraissent très comparables aux amphibolites à structure dioritique de notre plateau central. Cette idée semble confirmée par l'allure d'autres diorites et de felsites que nous rattacherons, aussi bien que les granulites, à notre série des leptynites et qui, autour de Fahlun, suivent les moindres inflexions de la schistosité.

Dans l'ensemble, nous croyons donc que l'on a affaire, à Fahlun, à la série du terrain primitif intermédiaire entre les gneiss et les micaschistes où nous avons déjà eu l'occasion de montrer plusieurs fois (à propos du graphite, du fer, du zinc, etc...) une abondance particulière en intercalations de roches cristallines et de couches métallifères, probablement contemporaines, sinon de

la formation, tout au moins du métamorphisme ayant produit l structure considérée comme primitive.

A travers tout cet ensemble, on constate, à l'Ouest, plusieu filons de diabase N.-O.-S.-E. et quelques veines talqueuses plus o moins bréchiformes et à feuillets irrégulièrement enlacés fréquent dans les gisements de Scandinavie (voir, plus loin, Kongsber Sala), que les géologues suédois appellent schol ou skölar. C schol renferme beaucoup de beaux cristaux de magnétite, d gahnite, de grenat et de fahlunite. On y trouve, assez souven des lentilles pyriteuses irrégulièrement disséminées et, pendan longtemps, on a cru que le grand amas principal de Fahlun e était entouré.

D'après M. Törnebohm qui a entrepris une étude opprofondie d ce gisement, étude rendue très difficile par l'antiquité des travau et la disparition ou l'effondrement de la majeure partie de l'ama le fait serait loin d'être démontré. Le schol serait, suivant lu dans de véritables fentes et l'amas lui semblerait plutôt encadr entre deux failles.

**Gisement métallifère.** — L'amas principal de minerai, où s trouve la Storrgrufva, a été exploité, pendant très longtemps, ciel ouvert et a fourni la majeure partie du cuivre extrait depui plus de cinq siècles. Il peut être comparé grossièrement à un sac largement ouvert en haut et fermé en bas, dont on a trouvé l fond depuis déjà soixante-dix ans. Ses dimensions sont : à l'affleu rement, du N.-O. au S.-E., 240 mètres et, du N.-E. au S.-O. 160 mètres ; en profondeur, 350 mètres. Des veines rectiligne de pyrite de cuivre le traversent. Il serait fort difficile ici de dir s'il y a, ou non, interstratification. Néanmoins les caractères d gîte, la schistosité qu'on y rencontre fréquemment, l'intercala tion de lamelles micacées et amphiboliques, l'abondance d quartz, surtout l'allure des amas voisins indiquent, tout a moins, une pénétration très intime des schistes encaissants pa les sulfures métalliques [1].

[1] Nous reviendrons sur cette question d'origine à propos des gîtes de Röra (p. 290), de Vigsnaes (p. 295), de Rio-Tinto (p. 296), etc.

Il est, d'ailleurs, visible que le terrain primitif a été fortement ssé dans cette région et il ne serait pas surprenant que, dans plissement, les amas de pyrite, quelle qu'ait été leur allure mitive, eussent joué le rôle d'un coin plus résistant brisant les ites à leur voisinage. Le schol, qui entoure une partie du gîte, s a paru, partout où nous l'avons vu, ressembler beaucoup à remplissage de faille.

En dehors de l'amas principal, il existe un grand nombre utres lentilles pyriteuses généralement brisées, quelques-unes nettement interstratifiées et passant graduellement à la roche aissante ; d'autres, au voisinage, se présentant comme de véri- les filons.

**Minerais.** — Le minerai lui-même peut se diviser en deux égories :

1° Minerai tendre (blotmalm ou weicherz) ; pyrite de fer à 2 ou 100 de cuivre, avec divers sulfures associés (pyrite magné- ne, galène, blende, etc.), et très peu de quartz. C'est le minerai remplissait tout le grand gîte et dont la proportion tend à minuer. On peut le comparer au minerai de Rio-Tinto.

2° Minerai dur (hardmalm ou harderz) tenant 5 à 6 p. 100 de vre. On trouve surtout ce hardmalm à l'Est et au S.-O. du nd amas, dans les parties nommées Ostra Härdmalmerna et dnare Adolfs ou Luisa Malmerna. Il se présente là en couches direction N. 45° O. avec plongement Est. La pyrite de cuivre domine avec du quartz ; on y trouve également un peu de chal- pyrite.

Enfin un point intéressant, c'est la présence de l'*or* dans elques parties de ces amas.

Depuis longtemps, on savait que le minerai de Fahlun était auri- re et, dès 1790, on en avait extrait un peu d'or (environ 2 kilo- mmes par an).

En octobre 1881, on découvrit l'or natif dans le minerai dur n chantier, nommé Menkas, ouvert dans la région d'Ostra rdmalmerna (minerais durs de l'Est).

Le hardmalm de Menkas consiste, comme tout le minerai de la gion environnante, en quartz gris plus ou moins imprégné de

pyrite cuivreuse avec un peu de pyrite magnétique ; il contient aussi, çà et là, des bandes de quartz blanc, ressemblant au quartz blanc qu'on rencontre souvent à Fahlun en filons, mais présentant un aspect plus laiteux. C'est dans ce quartz blanc que se trouve l'or, soit sous forme de grains qui atteignent exceptionnellement quelques millimètres de diamètre, soit, plus souvent, à l'état invisible.

Avec lui, se présente fréquemment un minéral d'un blanc d'argent très brillant, qui, d'après les analyses de M. Nordenström, aurait pour formule Pb (S. Se) $Bi^2$ (S. $Se^3$), c'est-à-dire serait un sélénio-sulfure de bismuth et de plomb. C'est ce minéral à forme bacillaire qui permet aux mineurs de reconnaître et de trier les fragments contenant de l'or invisible.

Le gîte de Menkas, où l'on extrait l'or, est assez restreint. En 1884, on en a tiré 45 tonnes de quartz aurifère; en 1885, 50; aujourd'hui, environ 150 tonnes. Ce minerai est divisé en deux catégories : minerai riche où on voit l'or, tenant 130 grammes à la tonne; minerai pauvre, tenant 30 grammes à la tonne.

Mais, en outre de ce minerai d'or proprement dit, on a constaté, depuis, que tout le minerai de la région de Fahlun contenait une proportion d'or atteignant en moyenne 2 à 3 grammes par tonne et c'est de ces minerais, bien plus que des minerais aurifères proprement dits, que provient l'or produit à Fahlun (72 kilogrammes par an).

**Métallurgie.** — Le minerai tendre va à la fabrique d'acide sulfurique qui produit environ 2 000 tonnes d'acide par an. Le minerai dur est grillé en stalles avec addition de sel, puis grillé au réverbère et passe à un lavage qui dissout le cuivre et l'argent en chlorure. Après quoi, on dissout l'or par un lavage à l'eau de chlore.

La liqueur cuivreuse est traitée par de l'iodure de zinc, pour précipiter l'argent, puis cémentée pour extraire le cuivre. La liqueur de chlorure d'or est précipitée par le chlorure de fer.

On fabrique, à Fahlun, outre le cuivre, l'argent et l'or, du sulfate de cuivre (comme matière colorante) et une couleur rouge spéciale très usitée pour la conservation des bois dans toute la Scandi-

navie[1], couleur obtenue en lavant une terre, imprégnée de fer par décomposition des pyrites, qu'on extrait des skölar et des vieux travaux.

*Bibliographie.*

1818. Haussmann. — Reise durch Skandinavien, t. V, p. 55.
1826. Hisinger. — Mineral Geogr. von Schweden. (Trad. v. Wöhler), p. 36.
1841. Rossegger. — (V. *Leonhards Jahrbuch*, p. 82.)
1845. Tjader. — Karta öfver Fahlueller Stora Kopparbergs Gruvor.
1846. Daubrée. — Minerais de Scandinavie.
1855. Durocher. — (*Ann. d. M.*)
1861. V. Cotta, p. 525, 679, 707.
1861. Stapff. — (*Berg. und hüttenm. Zeitung*, p. 195.)
1879. Groddeck, p. 149.
Geologiska foreningens i Stockholm förhandlidgar, févr. 1882.
1883. Lonquéty. — Journal de voyage manuscrit à l'Ecole des mines.
1886. Toqué. — Journal de voyage à l'Ecole des Mines, p. 25.
1888. Davies, p. 123.
1889. Törnebohm. — Etude géologique sur Fahlun.
Août 1890. L. de Launay. — Notes de voyage inédites.

## AMAS PYRITEUX DE RÖRAAS (NORVÈGE)[2].

Les mines de pyrite de fer cuivreuse et de pyrite de cuivre de Roraas font partie d'une bande cuprifère commençant en Suède au lac de Kalln et à l'Areskuttan et s'étendant, en Norvège, jusqu'au Sognefiord, avec une direction générale N.-E.-S.-O.

La ville de Roraas, centre des mines du même nom, est située un peu au Sud de Throndhjem, sur la ligne de Throndhjem à Christiania. L'exploitation date de 1646 ; elle est aujourd'hui concentrée dans neuf mines, dont la plus importante, au point de vue du cuivre, est *Storvarts Grube*, à 9 kilomètres au N.-E. de Röraas, occupant 50 à 60 ouvriers et produisant 2 500 tonnes de minerai cuivreux par an. Puis viennent *Ny Solskins Grube*, à côté de Storvarts Grube, faisant 1 000 tonnes; *Muy Grube*, à 22 kilo-

[1] 15 000 barriques de 150 kilogrammes à 15 à 20 francs la barrique.
[2] Coll. *École des Mines*, 1539. Notes de voyage de l'auteur en 1890.

mètres : 2 000 tonnes ; *Christians Grube* récemment reprise, etc.; enfin, *Kongens Grube*, aujourd'hui surtout exploitée pour pyrite de fer, et qui en extrait près de 20 000 tonnes par an.

La production de toute la région a été, en 1889, de 8 129 tonnes de minerai à 5,35 p. 100 de teneur moyenne en cuivre, ayant donné, à l'usine de Röraas, où se trouvent aujourd'hui concentrées les opérations métallurgiques, 455 tonnes de cuivre. En outre, on a exporté, par Throndhjem, soit en Angleterre, soit en Belgique à Hemixen, 20 000 tonnes de pyrite de fer provenant surtout de Kongens Grube et valant environ 21 francs la tonne rendue à Throndhjem (3 fr. 50 de transport jusque-là). La mine de Kongens Grube occupe aujourd'hui 5 à 600 ouvriers, tandis que Storvarts Grube en emploie seulement 100 et Muy Grube 90 ; les autres mines, 40 à 60.

**Description des gisements.** — Ces divers gisements, quoique en relation manifeste les uns avec les autres, se présentent dans des conditions très variables de l'un à l'autre : ce qui a peut-être contribué à causer les contradictions qu'on rencontre chez tous les auteurs qui en ont parlé.

Tous sont situés au milieu des schistes micacés, chloritoschistes et talcschistes huroniens ; mais, suivant les cas, on a affaire à un amas interstratifié qui semble très net (à Muy Grube par exemple), ou à un filon à peu près incontestable comme à *Kongens Grube*. En outre, la nature et la proportion des divers sulfures associés est extrêmement différente d'un gîte à l'autre. Comme on a généralement insisté sur le caractère interstratifié de ces gîtes, nous commencerons par un cas moins connu où l'amas pyriteux tranche très visiblement les couches de schistes ; c'est celui d'une mine dont l'exploitation sur une grande échelle est assez récente : la mine de Kongens Grube ; à cette mine, la coupe schématique du gîte reconnu lors de notre visite était à peu près celle que représente la figure 215.

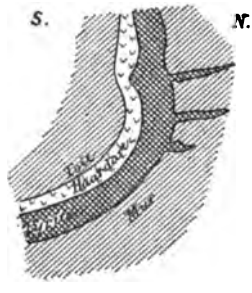



Fig. 215. — Coupe verticale théorique d'un amas de pyrite cuivreuse à Röraas (Kongens Grube).

A l'affleurement, l'amas pyriteux est dirigé Est-Ouest et

plonge vers le Nord avec un pendage très raide. A 15 ou 20 mètres de profondeur, nous l'avons vu recoupant, tout le long du mur, les schistes assez faiblement inclinés, dans lesquels il lançait de courtes ramifications qui, elles, étaient interstratifiées. Plus bas, le gîte se recourbe, au contraire, vers le Sud et, peu à peu, prend l'apparence d'un gîte interstratifié.

Ces faits ne peuvent s'expliquer que de deux façons, soit par une véritable venue filonienne postérieure aux schistes, soit par un phénomène mécanique ayant refoulé violemment à travers les schistes une masse primitivement interstratifiée. Cette dernière explication paraît peu compatible avec l'ensemble de la coupe du gîte et la présence des ramifications qui en divergent.

Du côté du toit, le filon est constamment accompagné par une roche amphibolique, appelée là *haardart*, qu'on a traversée sur 60 mètres d'épaisseur et qui joue, peut-être, un rôle comparable à celui des diabases que nous trouverons à San-Domingos.

L'amas de Kongens Grube a de 2 à 6 mètres d'épaisseur. Il est principalement composé de pyrite de fer assez homogène, mais contenant fréquemment des intercalations de schistes pénétrés de pyrite. Nous avons cru remarquer, dans la partie supérieure du gîte, qu'au mur les schistes étaient intacts ; au toit, au contraire, ils sont très métamorphisés avec cristaux de pyrite au milieu de la masse. En dehors des sulfures, on trouve, surtout dans les veines latérales, un peu de quartz.

Le minerai extrait renferme pyrites de fer et de cuivre, pyrite magnétique, parfois blende ; la galène y manque à ce point qu'on ajoute du plomb dans le raffinage. On le divise en plusieurs catégories :

1° Minerai à 5 à 6 p. 100 de cuivre, fondu sur place ;

2° Pyrite de fer n° 1, de teinte jaune, contenant de 2 à 3 p. 100 de cuivre et exportée ;

3° Pyrites n° 2 et 3 appauvries par la blende ;

4° Haldes, abandonnées jusqu'à nouvel ordre, renfermant beaucoup de pyrite magnétique.

Le gisement de *Storvarts Grube*, qui a été surtout décrit par tous les anciens visiteurs, suit, au contraire, la schistosité des couches

encaissantes, dont l'inclinaison est assez faible (environ 10°). Ces couches sont : des schistes chloriteux, parfois grenatifères, dans lesquels les amas semblent s'enrichir ; des micaschistes plus quartzeux, où ils passent, au contraire, pour pauvres. Ils sont recoupés, près de la mine, par un massif de gabbro. La puissance du gîte est assez variable, depuis 20 ou 30 centimètres jusqu'à 4 ou 5 mètres, avec des bifurcations nombreuses, des renflements et des serrées. En somme, on a affaire à une succession de petits amas sur lesquels, paraît-il, les schistes se moulent exactement. L'étendue exploitée est d'environ 100 à 150 mètres en direction. En inclinaison, on s'est enfoncé aujourd'hui à 1 500 mètres de l'affleurement en AB (fig. 216). Depuis quelques années, on a reconnu, en sens contraire de AB à partir de l'affleurement, le prolongement du gîte en CD avec un pendage en sens inverse.

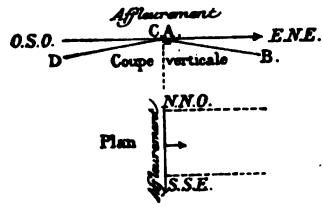



Fig. 216. — Plan et coupe schématiques à Röraas (Storvarts Grube).

Dans ce gisement, la proportion de pyrite de fer est beaucoup moins grande qu'à Kongens Grube. Au contraire, la chalcopyrite est plus abondante. On trouve, en outre, de la blende, de la galène, de la pyrite magnétique et un peu de nickel (0,25 p. 100 des minerais). Dans les échantillons provenant de cette mine, on voit constamment, au milieu de la pyrite, des lamelles de schiste intercalées.

A *Muy Grube*, le gisement est, dit-on, également tout à fait interstratifié avec une inclinaison assez faible, et ne comprend que pyrite de cuivre et pyrite magnétique.

En résumé, si l'on cherche à se rendre compte du mode de formation de ces gîtes, on est conduit à supposer : ou bien qu'il s'est produit, pendant le dépôt des schistes huroniens, des venues sulfureuses qui ont pris la forme de gîtes sédimentaires comme au Rammelsberg et qui, se continuant encore après la solidification de ces couches, ont rempli alors de véritables filons ; ou bien, que les cas d'interstratification apparente sont le simple résultat d'une circulation d'eaux sulfureuses entre les feuillets des schistes, ayant donné des veines pyriteuses intercalées.

Nous retrouverons les mêmes conditions de gisement et les mêmes difficultés à Foldal, à Vigsnaes, etc. Nous sommes plutôt porté à voir là un remplissage hydrothermal très ancien, peut-être contemporain du métamorphisme des terrains encaissants, affectant, suivant l'inclinaison, comme, suivant la direction, une forme lenticulaire. Il y a lieu, d'autre part, de remarquer que les exploitants ont souvent une tendance naturelle à considérer les formations de ce genre comme sédimentaires, la conclusion de cette hypothèse étant, en principe, sa continuité presque indéfinie à un même niveau géologique.

*Bibliographie.*

1818. Hausmann, — Reise durch Skandinavien, t. V, p. 268.
1846. Daubrée. — Mines de Scandinavie.
1853. Duchanoy. — Gisements de cuivre de Norvège. (*Ann. d. M.*, 5e, t. V, p. 181.)
1855. Durocher. — (*Ann. d. M.*)
1861. V. Cotta, p. 522.
*1873. Helland. — Layers of Pyrites in certain States in Norway. Christiania.
1879. V. Groddeck, p. 15, 18, 78, 151.
1883. Lonquéty. — Journal de voyage à l'École des Mines, p. 27.
1885. Toqué. — Journal de voyage manuscrit à l'École des Mines, p. 85.
1890. L. de Launay. — Notes de voyage inédites.

## AMAS PYRITEUX DE FOLDAL (NORVÈGE)

Au Sud-Ouest de Röraas, à Foldal, on a autrefois exploité des amas de pyrite intercalés dans les mêmes terrains : schistes et leptynites. Les imprégnations pyriteuses se succèdent là sans continuité et en passant d'une strate à l'autre sur environ 1 kilomètre de long. L'amas le plus important a été reconnu, sur 220 mètres de long et 120 mètres de profondeur, avec une épaisseur moyenne de 4 à

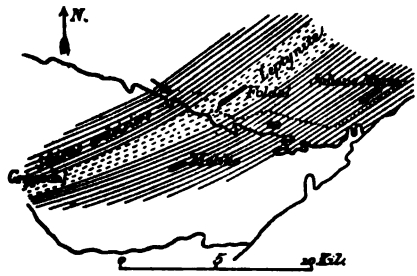



Fig. 217. — Carte de la région de Foldal.
(Les amas pyriteux sont représentés par un trait noir.)

5 mètres et des renflements atteignant 13 mètres. Le minerai est de la pyrite de fer contenant environ 2,2 p. 100 de cuivre et pas d'arsenic. Des exploitations, commencées en 1748,

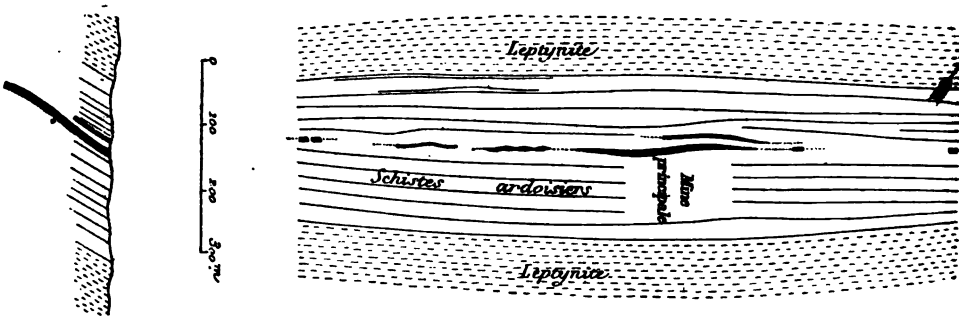



Fig. 218. — Plan et coupe du gîte de Foldal.

en ont autrefois retiré près de 300 000 tonnes comme minerai de cuivre. On cherche aujourd'hui à reprendre la mine comme minerai, à la fois de soufre et de cuivre; mais la difficulté des communications n'a pas encore permis de donner suite à ce projet [1].

## AMAS PYRITEUX DE VIGSNAES (NORVÈGE) [2]

Il existe, en Norvège, à Vigsnaes, un gisement de pyrite de fer cuivreuse qui présente quelque analogie avec ceux de Roraas.

Ce gisement, situé dans l'île de Karmö, sur la côte Ouest, entre Bergen et Stavanger, a été découvert en 1863 et exploité avec activité jusqu'en 1890 par une compagnie minière belge qui faisait le traitement des minerais à Hemixen, près d'Anvers.

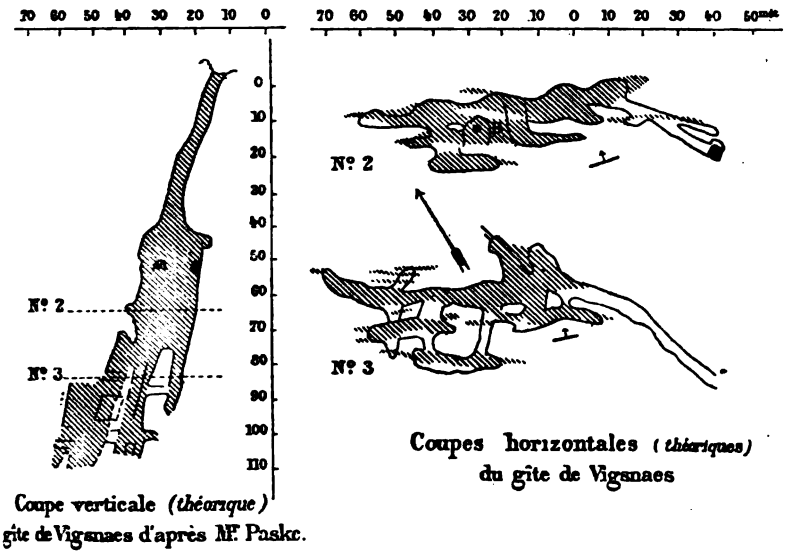
Dans les premières années, l'extraction montait à 4 800 tonnes de minerais riches et non arsénicaux; on a extrait ainsi pour près de 30 millions de francs de minerai; mais, peu à peu, les parties connues du gîte se sont appauvries et finalement épuisées ;

[1] 1889. Vogt. Description de Foldal.

[2] 1881. *Génie civil*, t. I, n° 10.
1881. Chesneau. Mémoire manuscrit à l'Ecole des mines.

depuis 1889, on a annoncé, à diverses reprises, la fermeture de la mine.

**Situation géologique.** — Le gisement de Vigsnaes est compris




Coupe verticale *(théorique)* du gîte de Vigsnaes d'après M. Paske.

Coupes horizontales *(théoriques)* du gîte de Vigsnaes

Fig. 219. — Coupes du gîte de Vigsnaes.

dans une zone de schistes anciens et de quartzites bleus d'âge mal déterminé, dirigés à peu près S.E.-N.O. et fortement disloqués par de nombreuses roches cristallines, parmi lesquelles domine le gabbro à saussurite, qui paraît avoir une certaine relation avec la formation métallifère. Le pendage général des schistes est dirigé vers le Nord-Est avec une forte inclinaison.

**Gisements.** — Aux affleurements, on avait rencontré d'abord, dans une bande de schistes serrée entre deux éruptions de gabbro à peu près parallèles à la stratification, un chapeau de fer de petites dimensions, imprégné de cuivre. Le travail en profondeur a conduit ensuite à un amas de pyrite de fer chargée de chalcopyrite, dont les dimensions ont commencé par surpasser, de beaucoup, celles de l'affleurement. Cet amas a la forme d'une colonne aplatie plongeant de 70 à 73° vers le Nord. Sa largeur en

direction est comprise entre 45 et 90 mètres (voir les coupes, fig. 219). En profondeur, la couche qui, jusqu'à 40 mètres, a une puissance assez constante comprise entre 3 et 5 mètres, se renfle subitement jusqu'à une épaisseur de 15 mètres et, un peu plus bas, se subdivise en 3 rameaux parallèles d'épaisseur variable, séparés par des couches de schistes. A la profondeur de 100 mètres, le rameau le plus puissant se bifurque, à son tour, en deux couches. La masse du minerai finit donc par former 4 couches distinctes.

Les schistes, au contact du minerai, sont imprégnés de pyrite de fer et un peu de quartz jusqu'à une certaine distance, 18 mètres au Sud. De ce côté Sud, ces schistes sont recoupés, à 18 mètres du gîte, par le gabbro à saussurite contenant de nombreux fragments de schiste. Au Nord, ils s'arrêtent à une bande de quartzite, au delà de laquelle on retrouve le schiste non imprégné.

En direction, les ramifications interstratifiées de l'amas se terminent toutes par des étranglements.

**Minerai.** — Dans ce gisement, le minerai dominant est la pyrite de fer saccharoïde plus ou moins finement imprégnée de chalcopyrite et de blende ; tantôt cette pyrite est mal agglomérée (minerai friable), tantôt très compacte.

Aucune loi précise ne paraît présider à la répartition du cuivre et du zinc dans le minerai ; toutefois, on a remarqué souvent que la partie supérieure d'un amas est plus riche en cuivre que la partie inférieure.

La teneur en cuivre varie de 0 à 34 p. 100 ; en moyenne, elle était de 3 à 4 p. 100 avec 43 à 45 p. 100 de soufre ; on y a trouvé (rarement il est vrai), des boules de chalcopyrite pure ; mais celles-ci, de même que la blende pure, se rencontrent uniquement en dehors des gîtes, sous forme de petites veines remplies par un phénomène de sécrétion.

Les gangues normales associées aux minerais sont l'amphibole plus ou moins fibreuse ou altérée, le talc, la chlorite, le carbonate de chaux et le quartz.

D'une façon habituelle, on trouve le plus souvent : au toit, de a pyrite de fer blendeuse avec de petits amas de chalcopyrite ; au

centre, de la pyrite de fer intimement mêlée de chalcopyrite ; au mur, de la pyrite de fer non cuivreuse.

Le minerai est, surtout vers ses épontes, mêlé d'une assez forte proportion de chlorite.

On a admis une certaine relation d'origine entre les sulfures et le gabbro qui, on le sait, était, pour Kjérulf, la roche mère de la plupart des minerais norvégiens.

Les gabbros de Norvège sont de plusieurs natures : gabbro ordinaire de Kongsberg et Kongsvinger souvent accompagné de pyrites magnétiques nickelifères ; gabbro labradorite de Loerdal, du Sognfiord et du Jötanfield ; gabbro à hornblende, entouré, à Meinkjœr près Bamble, d'une zone pyriteuse contournée de $1^{m},80$ de puissance; enfin gabbro à saussurite, souvent chargé de pyrite de fer, qu'on trouve au voisinage de beaucoup de gîtes de cuivre : Vigsnaes, Storvarts (Roraas), Ytterö, etc. Dans cette théorie, les gîtes de Vigsnaes, assimilables aux fahlbandes de Kongsberg et de beaucoup d'autres mines, seraient le résultat d'une injection sulfurée ayant terminé l'éruption du gabbro. Un phénomène d'exsudation postérieure, qu'on retrouve dans la plupart des amas pyriteux, aurait déterminé le remplissage de fissures minces par de la chalcopyrite, etc... Ce qui semblerait confirmer cette idée, c'est l'existence, à Vigsnaes, d'assez nombreuses fractures minéralisées dans les schistes, fractures reliant les principaux amas et la présence, dans la masse pyriteuse, de fragments abondants de quartz englobés.

On sépare par triage :

1° Les minerais de pyrite de fer non cuivreuse et massive utilisés comme minerais de soufre ;

2° Les minerais de cuivre en roche expédiés directement en Belgique ;

3° Les minerais de cuivre quartzeux, allant sur place à une laverie ;

4° Les minerais de cuivre riches fondus sur place pour matte ;

5° Les minerais blendeux non utilisés.

## AMAS PYRITEUX DE RIO-TINTO, THARSIS, ETC... (ESPAGNE)[1] ET SAN-DOMINGOS (PORTUGAL)

La province d'Huelva, en Espagne, et la partie contiguë du Portugal renferment des gisements de pyrite de fer cuivreuse exploités depuis la plus haute antiquité, repris avec activité depuis vingt ans et qui produisent aujourd'hui près de 45 000 tonnes de cuivre (2 400 000 tonnes de pyrite) ; soit environ 1/6 de la production de cuivre du monde.

Ces gisements se présentent dans une longue bande métallifère Est-Ouest, allant de San-Domingos à Séville, et large d'environ 20 kilomètres, bande qui comprend, à la fois, des terrains siluriens et carbonifères : ce qui suffirait seul et tout d'abord pour faire admettre leur origine filonienne. Leur alignement est parallèle à la grande direction de plissement des terrains anciens du Sud de l'Espagne et comprend, en même temps que les amas de pyrite, une série de pointements de roches éruptives, diabases et microgranulites, allongés dans le même sens qu'eux et très vraisemblablement en relation avec eux (voir fig. 220).

Les principales mines sont, de l'Ouest à l'Est : dans une première zone Nord, San-Domingos, Huerta de la Romanera, Gloriosa, El Carpto, San-Telmo, La Zarza, Cueva de la Mora, Aguas-Tenidas, San-Miguel, la Concepcion, la Poderosa, Chaparrito, la Pena, Rio-Tinto, El Castillo de las Guardias au Nord de Séville, et, dans une bande un peu plus au Sud, Lagunazo, Tharsis, El Guto, la Coronada, Azarosa, Menacillo, Buitron, las Herrerias.

En outre, plus à l'Ouest, cette zone se prolonge en Portugal par les amas de la Caveira (province d'Alemtéjo) ; à l'Est, on retrouve, dans sa direction, les exploitations de Cerro-Muriano

[1] Coll. *Ecole des Mines*, 1699.

Nous renvoyons, pour les détails sur ces gisements, à un mémoire que nous avons fait paraître en 1889, dans les *Annales des mines*.

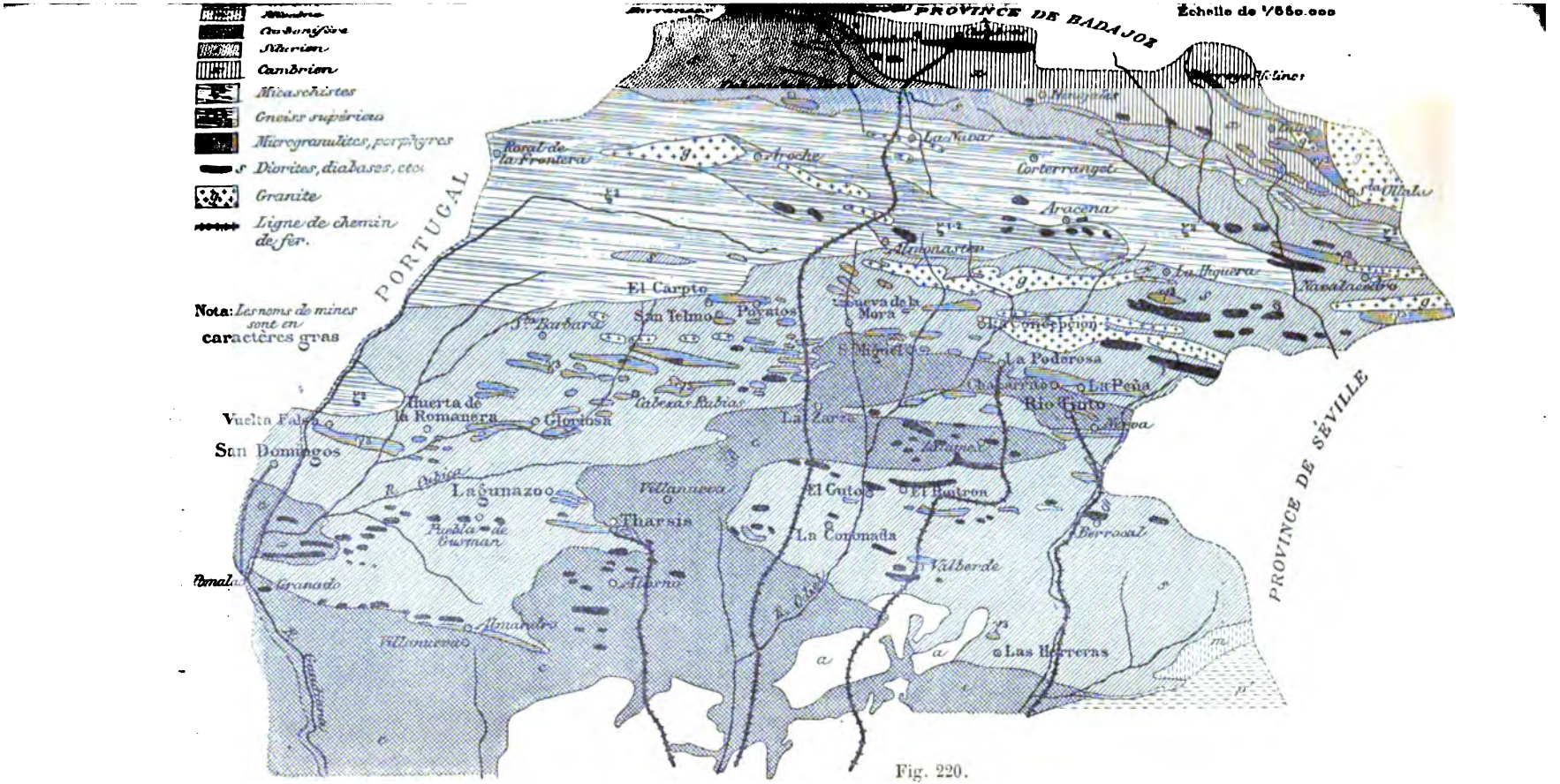

Échelle de 1/550.000
PROVINCE DE BADAJOZ
PORTUGAL
PROVINCE DE SÉVILLE
Silurien
Cambrien
Micaschistes
Gneiss supérieur
Microgranulites, porphyres
Diorites, diabases, etc.
Granite
Ligne de chemin de fer.
Nota: Les noms de mines sont en caractères gras
Rosal de la Frontera
Aroche
La Nava
Corterranget
Aracena
Almonaster
La Higuera
Navalacedro
El Carpio
San Telmo
Poyatos
Sta Barbara
Cueva de la Mora
La Concepcion
S. Miguel
La Poderosa
Chacarrito
La Peña
Rio Tinto
Nerva
Huerta de la Romanera
Gloriosa
Cabezas Rubias
La Zarza
Vuelta Falsa
San Domingos
Lagunazo
Villanueva
El Guto
El Buitron
Tharsis
Puebla de Gusman
La Coronada
Valberde
Berrocal
Granado
Almandro
Villanueva
Las Herreras

Fig. 220.

(province de Cordoue) et de Barrancanès près de Séville. Les mines les plus importantes sont [1] :

| | 1887 | | 1890 | |
|---|---|---|---|---|
| Rio-Tinto . . | 1 182 438t de pyrite | ou 27 090t de cuivre. | 30 480t de cuivre. | |
| Tharsis . . . | 568 193 — | 11 176 — | 10 465 | — |
| San-Domingos | 350 000 — | 7 112 — | 5 690 | — |

Tous ces gisements se présentent dans des conditions très analogues, en amas allongés, généralement parallèles à la direction des feuillets de schistes (qui est aussi celle des filons de porphyre), quelquefois légèrement obliques sur elle. Il paraît vraisemblable que les trois phénomènes : 1° de plissement des terrains encaissants, silurien et culm ; 2° d'éruption porphyrique ; 3° de formation métallifère, sont en relation les uns avec les autres et représentent les trois phases successives d'une même action.

**Géologie générale de la région.** — Le silurien (étage bohémien), qui affleure de San-Domingos jusqu'aux environs de Tharsis, a pour coupe :

1° Ampélites avec graptolites ;
2° Schistes plus ou moins feuilletés avec grauwackes ;
3° Phyllades argileux souvent micacés avec ou sans néréites.

La mine de San-Domingos est dans les schistes à néréites. Au-dessus, le carbonifère, représenté par l'étage du culm, est formé de schistes argileux olivâtres à feuillets plus ou moins épais alternant avec des grauwackes. Il a, au voisinage des gisements métallifères, subi un métamorphisme très prononcé ; à Rio-Tinto, on y a trouvé des fossiles.

Un plissement, postérieur au carbonifère, dont la trace se manifeste jusque dans les Asturies, a fait émerger la région jusqu'au tertiaire et précédé la venue des diabases, microgranulites, orthophyres, etc.

Les *roches éruptives* comprennent, dans la partie métallifère du pays, de très nombreux pointements de microgranulites passant au porphyre pétrosiliceux, de diabases à structure ophitique (par

[1] Voir un tableau statistique, p. 219.

exemple sur l'éponte Sud de l'amas de San-Domingos) et de porphyrites pyroxéniques. Nous allons décrire quelques-uns des principaux amas :

**Rio-Tinto.** — La coupe Nord-Sud du gîte de Rio-Tinto présente (fig. 221) : au Nord, des phyllades carbonifères ; puis, en se dirigeant vers le Sud, un premier massif de porphyre 3 ; un

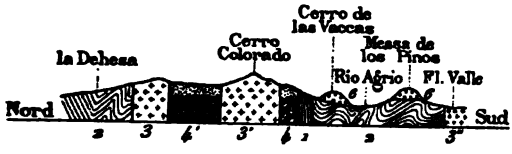



Fig. 221. — Coupe Nord-Sud à Rio-Tinto.
1, Phyllades lustrés ; 2, Schistes et phyllades argileux fossilifères ; 3, 3', 3", Porphyres ; 4, 4', Pyrite avec chapeau de fer ; 6, Couche ferrugineuse tertiaire.

premier amas de pyrite 4' dit filon Norte ; une autre masse de porphyre 3' ; le filon San-Dionisio prolongé à l'Est par le filon du Sud (grand amas exploité à ciel ouvert) ; des schistes carbonifères fossilifères 2 ; enfin une dernière masse de porphyre 3". Une couche ferrugineuse de 3 à 4 mètres d'épaisseur est indiquée au-dessus du Cerro de las Vaccas et de la Mesa de los Pinos ; elle est d'âge tertiaire.

Les roches que nous venons de désigner par le terme général de porphyres comprennent : en 3' des orthophyres ; en 3" des roches diverses : porphyrite pyroxénique à l'Ouest ; micrograulite plus à l'Est et diabase du côté de Naya.

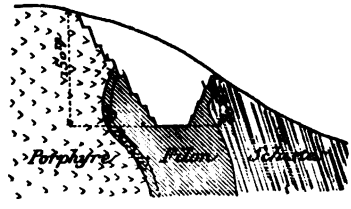



Fig. 222. — Coupe verticale Nord-Sud du filon du Sud à Rio-Tinto. Échelle au $\frac{1}{10\,000}$.

Le principal amas, dont l'exploitation se fait dans des proportions gigantesques à ciel ouvert, est l'amas du Sud. En plan, ses dimensions sont de 550 mètres sur 120 ; en profondeur, il a été reconnu sur 160 mètres de haut (fig. 222).

C'est une masse confuse exclusivement composée de pyrite sans quartz ni schiste intercalé, qui n'offre ni direction de cristalli-

sation, ni signes de concrétion sur les épontes. Elle est formée de pyrite de fer à 2,5 p. 100 de teneur moyenne en cuivre avec un peu de chalcopyrite, de blende et de galène, et traversée par des veines de chalcopyrite et phillipsite résultant probablement d'une sécrétion, soit contemporaine de la formation, soit postérieure. Ces veines très riches en cuivre sont devenues plus abondantes en profondeur ; mais cela semble résulter simplement de ce que, dans les parties supérieures, elles avaient déjà été enlevées par les travaux des anciens.

Cet amas est enclavé entre des schistes carbonifères, métamorphisés et blanchis sur une assez faible épaisseur, au Sud, et un orthophyre souvent tout à fait méconnaissable (tant il est décomposé, pénétré de quartz et de pyrite), au Nord. Du côté Est, l'amas s'amincit et se termine assez rapidement ; à l'Ouest, il se prolonge en un filon plus mince (filon San-Dionisio), attaqué souterrainement.

Le filon du Nord, exploité d'abord souterrainement et, depuis 1892, à ciel ouvert, a une longueur reconnue de 2 kilomètres, une largeur de 150 mètres. Entre les filons du Nord et du Sud, toute la masse rocheuse, que l'on a traversée par une galerie de reconnaissance, est à peu près partout imprégnée de pyrite.

En outre, il faut noter que cet amas de pyrite était, comme tous ceux du pays, couvert par un chapeau de fer hydroxydé d'une vingtaine de mètres d'épaisseur, résultant de son altération superficielle, que l'on a aujourd'hui fait disparaître.

**Tharsis.** — Le gîte de Tharsis se compose de quatre amas : le filon del Norte exploité sur 600 mètres de long et atteignant 140 mètres de largeur maxima ; le Criadero della Sierra de 500 mètres de long, 100 mètres de largeur maxima, très aminci à son extrémité Ouest ; le filon del Medio et le Criadero del Sud (inexploité).

**San-Domingos.** — A San-Domingos, en Portugal, l'exploitation porte sur un grand amas de 500 mètres de long et 60 mètres de large, dirigé N. 110° E. et absolument vertical.

Sa constitution est la même que celle du gîte de Rio-Tinto ;

mais la pyrite englobe des esquilles importantes de schistes restées au milieu du remplissage. Sur son éponte Nord, on trouve des schistes métamorphiques, avec une brèche de quartz cimentée par de la pyrite qui apparaît seulement vers l'extrémité Ouest. Au Sud, il s'intercale, entre la pyrite et les schistes, une diabase ophitique contenant, dans quelques fissures, du cuivre natif et transformée en une argile blanche au contact de la pyrite. L'existence de la brèche quartzeuse de l'éponte Nord et surtout celle, dans le corps de la pyrite, de grandes faces de glissement polies ou miroirs, prouvent nettement que des mouvements mécaniques, postérieurs à la consolidation, ont continué ceux qui avaient provoqué la venue de la diabase et des métaux.

**Lagunazo.** — A Lagunazo, l'exploitation, faite à ciel ouvert, porte sur un amas de 15 mètres sur 150 mètres, entre des schistes très altérés au Nord, intacts au Sud ; un nerf de schistes est intercalé dans la pyrite.

**Confessionario.** — L'amas de Confessionario a 500 mètres de long sur 100 de large. Il est à peu près vertical et situé entre les schistes anciens au Sud, le porphyre au Nord. Il présente cette particularité de ne pas contenir de cuivre ni d'arsenic, mais seulement de la pyrite de fer à 51 p. 100 de soufre. Il est accompagné, au Nord et au Sud, par des venues de pyrite à peu près parallèles qui, elles, contiennent du cuivre et qu'on a cru pouvoir considérer comme un peu postérieures.

**La Zarza, Aguas Tenidas, etc.** — En dehors de ces grands amas, il existe, encore, à peu près partout dans le pays, des imprégnations pyriteuses plus ou moins étendues. C'est ainsi qu'à la *Zarza*, on se contente d'exploiter des schistes imprégnés sans amas.

Ailleurs, on trouve une allure en filon plus ou moins mince : ainsi, à *Aguas Tenidas*, où les filons, de 8 à 10 mètres de puissance, sont remarquables par leur forte teneur en cuivre atteignant, en moyenne, 5 p. 100 de cuivre ; puis, aux deux extrémités de la zone métallifère, à *Caveira* (Alentejo) et près de *Séville*.

**Minerais.** — Comme remarque générale, nous ajouterons que ces pyrites contiennent presque toujours quelques traces de métaux précieux, généralement insuffisantes pour valoir les frais d'une extraction et toujours, même lorsqu'on les extrait, comme à Tharsis, de peu d'importance pour la valeur du minerai.

Ce minerai, une fois extrait de la mine, est généralement divisé en plusieurs catégories destinées à subir un traitement différent :

1° Les minerais au-dessous de 3 p. 100, traités sur place;

2° Les minerais de 3 à 6 p. 100, exportés en Angleterre ou en Allemagne ;

3° Les minerais au-dessus de 6 p. 100 fondus à Rio-Tinto ;

4° Les minerais plombo-cuivreux, mis de côté jusqu'ici à cause des inconvénients du plomb dans le traitement ordinaire.

Les minerais au-dessous de 3 p. 100 sont soumis : soit à une **cémentation simple** comme à San-Domingos (dissolution du cuivre par arrosage à l'eau et précipitation par le fer), soit à une cémentation artificielle, après grillage chlorurant, en tas additionnés de sel marin, comme à Rio-Tinto.

Les minerais riches sont fondus à Rio-Tinto dans des fours à manche rappelant le type américain.

*Bibliographie.*

1883. Cumenge. — Notes sur Rio-Tinto (Chaix).

1883. Pernolet. — Rapport sur les mines d'Aguas Tenidas.

1885. Collins. — On the geology of the *Rio Tinto* mines. (*The quaterly Journal of the geological Society*, vol. XLI, p. 245. London, 1885.)

1887. Deumié. — Sur les gisements de pyrite cuivreuse de la province d'Huelva. (*Ind. min.*, 1887.)

* 1887-1891. Gonzalo y Tarin. — Description de la province d'Huelva, 3 vol.

1889. L. de Launay. — Industrie du cuivre dans la région d'Huelva. (*Ann. d. M.*, nov. 1889.) Nous avons inséré, dans ce mémoire, une bibliographie détaillée.

## AMAS PYRITEUX D'AGORDO (VÉNÉTIE)

Le célèbre amas de pyrite de fer cuivreuse d'Agordo dans les Alpes de Vénétie, exploité par les ingénieurs du gouvernement italien, est d'une époque géologique mal déterminée. Il est situé au Sud d'Agordo, dans le val Imperia et enveloppé de schistes

argileux qu'entourent complètement des roches triasiques. Suivant les uns, son origine serait en relation directe avec ces roches ; suivant d'autres (V. Groddeck), il n'existerait aucun rapport entre ces deux phénomènes.

Cotta compare la forme extérieure du gîte à celle d'un saucisson renflé et aplati, dont le grand axe, très couché, plongeant de 20° vers le N.-E., représenterait la direction générale de l'amas connu, suivant cette direction, sur une longueur de 254 mètres. En profondeur, d'après Schmidt, il se termine en coin vers 150 mètres. La puissance varie de 4 à 80 mètres. Le minerai est un mélange à grain très fin de pyrite de fer, de pyrite de cuivre et d'un peu de quartz. La teneur moyenne en cuivre n'est guère que de 1,70 p. 100. Comme éléments accessoires, on trouve de la galène argentifère, de la blende, du cuivre gris argentifère, de la pyrite arsénicale et de la calcite. En somme, on constate beaucoup d'analogies avec Rio-Tinto ; ce qui a fait supposer que les deux gîtes étaient du même âge. Ce rapprochement se poursuit dans le détail : les schistes, au contact, sont pénétrés de pyrite et altérés ; des esquilles de schiste subsistent dans le gîte ; de nombreuses faces de glissement polies, ou miroirs, traversent la pyrite, etc...

Au point de vue industriel, ce gîte, qui paraissait colossal avant la découverte de Rio-Tinto, est aujourd'hui condamné. Il y a quelques années, on estimait que son volume total avait dû être de 176 000 mètres cubes. La mine, étant exploitée par l'Etat, doit nourrir toute une population d'employés ; on est forcé de vendre le fer, le cuivre, réglementairement, à heure fixe, etc.

### *Bibliographie.*

1846. Haidinger. — Analyse des minerais de cuivre d'Agordo. (*B. S. G.*, 2e, t. IV, p. 164.)

1855. Haton de la Goupillière. — Mémoire sur Agordo. (*Ann. d. M.*, 5e, t. VIII.)

1868. Pellati. — Relaz. Ind. Miner. (Stattist. Regno Italia.) Firenze.

1879. Mazzuoli. — Traitement des minerais par voie humide à Agordo. (*Ann. d. M.*, 7e, t. IX, p. 190.)

1883. d'Achiardi. — I minerali, etc., t. I, p. 331.

## C. — FILONS DE CUIVRE GRIS

Les filons de cuivre gris, qui donnent souvent de grandes espérances au début de leur exploitation en raison de leur richesse en cuivre et souvent en métaux précieux, ne se prolongent, le plus souvent, que fort peu en profondeur ; bientôt, la chalcopyrite se substitue au cuivre gris ; la teneur en argent diminue ; parfois même le filon se coince et le gîte devient inexploitable. Cependant nous décrirons, au chapitre de l'*Argent*, des gîtes de cuivre gris argentifère très riches, comme ceux de Bolivie. Le cuivre gris est fréquemment argentifère ; quelquefois, il est aurifère, quand il est antimonieux. Sa gangue habituelle est la sidérose qui représente peut-être, sous une autre forme, le fer que l'on retrouve plus bas dans la chalcopyrite. C'est le cas des gîtes de la Sierra-Nevada en Espagne, de la Mouzaia en Algérie, etc.

Parfois aussi, la gangue est barytique ; c'est, en particulier, ce qui arrive pour certains cuivres gris antimonieux faisant partie d'un remplissage complexe où l'on trouve du mercure, rattaché à l'antimoine par certaines affinités obscures : dans le Tyrol, par exemple, et en Bosnie. Les filons d'Huanchaca (Bolivie), dont la richesse a été constatée jusqu'à 500 mètres de profondeur, rentrent, au moins dans leurs parties hautes, dans le groupe des cuivres gris à gangue barytique, associés avec de l'antimoine (stibine) un peu aurifère. En profondeur, la baryte y a été remplacée par du quartz.

Enfin, nous citerons un exemple de cuivre gris à gangue quartzeuse au Mexique, quand nous reviendrons sur les cuivres gris argentifères de ce pays au chapitre de l'*Argent*.

# CUIVRES GRIS DE LA SIERRA-NEVADA[1]

*(Filons de cuivre gris à gangue de sidérose.)*

La Sierra-Nevada, qui forme une ride Est-Ouest entre le Guadalquivir et la Méditerranée, est constituée principalement de schistes anciens et de micaschistes, dirigés environ E.-O. comme la plupart des grands accidents de la péninsule. Au pied de la chaîne, sont des lambeaux de jurassique redressés, puis des terrains tertiaires miocènes avec des couches de lignite, un peu de soufre et des efflorescences nitreuses; enfin, des alluvions et des poudingues quaternaires s'étendent au bord du fleuve, près de Grenade, poudingues qui semblent avoir une inclinaison plus forte que celle compatible avec les phénomènes de dépôt torrentiel, en sorte qu'on a supposé un mouvement d'affaissement très récent. Ces alluvions sont assez fortement aurifères (4 à 5 grammes par mètre cube); mais on manque d'eau pour les exploiter.

Les gîtes cuivreux sont concentrés autour de la région des grandes cimes de la Sierra-Nevada, Muley-Hacen (3 554 mètres), la Velata (3 480 mètres), Alcazaba (3 330 mètres). Ce sont des filons dont le remplissage est formé exclusivement de fer spathique, de chalcopyrite et de cuivre gris et où l'on trouve souvent, aux affleurements, 8 à 10 kilogrammes d'argent par tonne de cuivre gris. Malheureusement, ces filons ont été disloqués postérieurement à leur formation, avec les couches qui les encaissent, et sont devenus absolument discontinus. Cette irrégularité d'allure, jointe à la substitution habituelle, en profondeur, de la chalcopyrite peu argentifère au cuivre gris, a causé de grandes déceptions. Aujourd'hui, presque tous les gîtes du versant Nord sont abandonnés; c'étaient: Guadiz, Trebelez, Santa-Constanza et Lantegra.

Un second groupe, qui sera sans doute exploité lorsqu'on aura

[1] Coll. *Ecole des Mines*, 1645. — Rapports inédits de MM. Fuchs et Cumenge.

ouvert la ligne de Grenade à Alméria, se trouve autour de Santa-Félicia.

Enfin, près des sources du Génil, sur le versant Sud, se trouve le groupe de Guéjar-Sierra. Dans ce dernier groupe, les filons sont généralement assez pauvres et inexploitables, à l'exception peut-être de ceux des environs de San-Andrès. Là, il existe un filon de chalcopyrite avec veines de cuivre gris, renfermant aux affleurements environ 6 à 7 p. 100 de cuivre et 150 grammes d'argent à la tonne, soit de 70 à 75 francs par mètre carré de surface de filon.

## CUIVRES GRIS D'ALGÉRIE[1]

### (MOUZAÏA, MILIANAH, DJEBEL-TÉLIOUÏNE)

L'Algérie produit une certaine quantité de pyrites cuivreuses (8 700 tonnes en 1889) dans la mine à remplissage complexe de Kef-Oum-Theboul[2]. On y a, en outre, tenté quelques exploitations, aujourd'hui abandonnées, sur des gîtes de cuivre gris.

Il existe, en effet, à l'Ouest d'Alger, entre le cap Ténès et la Mouzaïa, sur une distance d'environ 150 kilomètres, une zone cuivreuse, depuis longtemps signalée et décrite par Burat, que prolonge, au Sud de Bougie, une autre zone reconnue entre Aït-Abbés et Djebel-Babor, sur environ 50 kilomètres de long.

1° La première zone, qui comprend le massif de Milianah, est formée surtout de terrain crétacé recoupé par des roches éruptives, ophites, etc. On y a fait d'assez nombreuses recherches aux environs de Mouzaïa, à Milianah et près de Ténès. Les résultats, peut-être par suite de la dissémination trop grande des travaux, ont donné des résultats peu favorables.

[1] Coll. *Ecole des Mines*, 1864 et 1762.
1869. Ville. Notices sur les gîtes minéraux d'Algérie. (*Ann. d. M.*, 6e, t. XVI, p. 144.)
1879. Czyszkowski. Explic. sur les gîtes récemment découverts au Sud de Bougie.
Simonin. Not. sur les usines à cuivre et à antimoine des Bouches-du-Rhône. (*Ind. min.*, t, III, 4e liv.)
1883. D'Achiardi, t. I, p. 365.

[2] Voir, plus haut, page 269; cf. : 1892. Dorion. Cuivre du cercle d'Aïn-Sefra (Sud-Oranais). (Impr. Schiller.)

D'une manière générale, on peut dire que les gîtes sont en filons bien caractérisés, presque verticaux, contenant de la pyrite cuivreuse et du cuivre gris argentifère avec une gangue de sidérose, barytine et calcite. A *Mouzaïa*, l'on a constaté que la proportion de cuivre gris et d'argent diminuait assez vite en profondeur pour faire place à la chalcopyrite ; en revanche, de petites veines ramifiées à la surface se sont réunies plus bas.

2° La zone au Sud de Bougie forme le prolongement de la précédente ; elle est située dans les massifs montagneux de Bou-Amran, Téliouïne et Babor.

Les crêtes de ces massifs sont composées de calcaires reposant sur des schistes et calcaires jurassiques ; plus près de la mer, on observe le crétacé et le nummulitique. Ces terrains sont recoupés par des ophites, diorites, etc., analogues à celles de la Mouzaïa, qui ont exercé un métamorphisme notable sur les terrains au contact.

Ces gîtes se présentent, de même, sous forme de petites veines de cuivre gris argentifère, à gangue de sidérose, barytine et calcite. Ces filons, qui paraissaient riches à la surface, se sont, comme à la Mouzaïa, rapidement coincés en profondeurs. Les seuls qui aient donné quelques résultats sont ceux de Téliouïne.

## CUIVRE GRIS A GANGUE DE BARYTINE ET PARFOIS ACCOMPAGNÉ DE CINABRE

### DE KRESEVO ET PROZOR (BOSNIE), KLEINKOGL (TYROL), ETC...

Le village de *Kresevo* est situé en Bosnie à la même latitude que Serajevo et à 32 kilomètres de cette ville.

Le gouvernement autrichien y a exploré en détail, dans ces dernières années, des gisements de cuivre gris très anciennement connus. Quoique ces travaux n'aient pas conduit à un résultat pratique, ils n'en sont pas moins intéressants au point de vue géologique.

Les gîtes sont situés à l'extrémité Sud d'un grand îlot de terrains triasiques et paléozoïques recoupés par des trachytes.

Dans la partie minéralisée, on a affaire à des calcaires et dolomies du trias et à des schistes analogues aux schistes de Werfen. On y trouve un grand nombre de filons de barytine renfermant des veines et mouches de cuivre gris irrégulièrement disséminées. Généralement le long d'une fracture, quelquefois très mince et difficile à retrouver, les calcaires ont été irrégulièrement rongés et les vides remplis de barytine ; c'est surtout dans l'axe de ces poches que se trouve le cuivre gris, parfois oxydé à la surface.

Tous les minerais ont une composition analogue qui est, pour les échantillons purs triés avec soin au laboratoire :

| | |
|---|---|
| Cuivre. . . . . | 35 à 40 p. 100. |
| Argent . . . . . | 5 à 6 kilos à la tonne |
| Mercure. . . . . | 2 à 3 p. 100. |
| Antimoine. . . . . | 29 à 30 — |
| Arsenic . . . . . | 2 à 3 — |

La valeur contenue dans un mètre carré de filon par chaque millimètre d'épaisseur est d'environ 10 francs, tandis qu'il faut compter, pour l'exploitation et le traitement du même volume, près de 150 francs.

Dans la même région, le M. Inac, au N.-O. de Kresevo, renferme, dans le calcaire dolomitique, un filon de cinabre très régulier, mais également d'une richesse insuffisante.

Les deux substances, cinabre et cuivre gris, avec gangue de barytine, se trouvent encore associées dans le même filon, à *Prozor*, toujours en Bosnie, au voisinage d'un filon de cuivre gris argentifère à 200 grammes d'argent par tonne avec sidérose et barytine, encaissé dans les schistes de Werfen. Nous reviendrons sur ces gîtes au chapitre du *Mercure*.

Dans le **Kleinkogl**, sur le versant Sud de la vallée de l'Unterinn, au Sud-Ouest de Brixlegg, on trouve des minerais de cuivre analogues, traités dans l'usine à cuivre de Brixlegg, minerais dont la gangue, au lieu d'être spathique, est également barytique ; ce sont des cuivres gris antimonieux contenant du mercure, du cobalt et du nickel avec de la barytine, de la sidérose et de la calcite.

## D. — GISEMENTS DE CUIVRE NATIF LAC SUPÉRIEUR[1]

Nous avons mentionné plus haut diverses mines où le cuivre natif se présentait comme rareté minéralogique, San-Domingos par exemple ; nous avons même signalé des gisements de New-Jersey où le cuivre natif, associé à la phillipsite, finit par former un véritable minerai au contact de diorites avec des grès du trias. Mais le véritable type des gisements de cuivre natif, ce sont les fameuses mines du lac Supérieur, qui étaient encore, en 1886, avant le développement énorme des mines du Montana, le principal centre de production du cuivre dans le monde et qui peuvent, d'un jour à l'autre, reprendre leur proéminence.

**Géologie de la région.** — La région du lac Supérieur, qui est, depuis longtemps, un centre industriellement très important, est aujourd'hui fort bien connue, au point de vue géologique, grâce aux beaux travaux de M. Irving.

On y rencontre un exemple remarquable, méconnu avant M. Irving, de roches précambriennes appartenant à la série acide, roches que M. Irving a pu comparer, malgré quelques divergences, aux roches tertiaires et post-tertiaires. La coupe de la région (voir fig. 223) est la suivante :

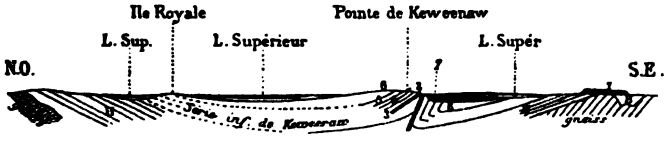



Fig. 223. — Coupe NO.-SE. de la région du lac Supérieur. H. Huronien.

H. huronien (quartzites et minerai de fer). — 1, diabases, gabbros et mélaphyres. — 2, porphyres quartzifères. — 3 et 5, diabases et mélaphyres amygdaloïdes. — 4, grès et conglomérats intercalés. — 6, schistes et grès rouges. — 7, grès de Postdam (Cambrien discordant).

A la base, le huronien avec schistes micacés, quartzites et

[1] Coll. *Ecole des Mines*, 1526. Voir t. I, p. 719, les minerais de fer de la même région.

minerais de fer, emplit, dans le gneiss, une série de cuvettes isolées ; puis vient la série cuprifère, également précambrienne, de Keweenaw, qui forme, autour du lac Supérieur, un bassin synclinal de 100 000 kilomètres carrés ; le centre en était occupé par les grès du silurien inférieur et correspond à la cuvette lacustre actuelle. Des deux côtés, on retrouve symétriquement la même série, composée de plus de 10 000 mètres de couches, dont le tiers, au moins, est formé par des roches éruptives (diabases, gabbros, porphyres quartzifères, mélaphyres, etc.). Une faille très accentuée met, au Sud, cette série éruptive en contact avec les grès cambriens de Postdam, surmontés plus loin horizontalement par des buttes de calcaire de Trenton. Il y a discordance nette entre le cambrien et le keweenaw de même qu'entre le huronien et le gneiss, tandis qu'en France et dans l'Europe centrale, la concordance est toujours absolue entre les micaschistes, schistes à séricite et phyllades, la première discordance, lorsqu'elle existe (Plateau central et Bohême), se trouvant entre les phyllades et le système silurien.

La *série éruptive* est nettement contemporaine des couches précambriennes de Keweenaw, où on la trouve intercalée et dont elle épouse toutes les inflexions. Elle résulte, d'après M. Irving, de coulées analogues à celles des laves et rarement d'injections postérieures ; sa composition est la suivante :

A la base, viennent des diabases, des gabbros à gros grains, avec et sans olivine, et quelques roches uniquement formées d'anorthite. Plus haut, apparaissent des diabases à grains fins, passant à des porphyrites et à des mélaphyres avec lits amygdalins ; les amygdales, en général disposées à la partie supérieure des coulées, sont souvent remplies, par une action secondaire, de calcite, chlorite, quartz et cuivre natif. Des lits de conglomérats, plus rares à la base, alternent avec ces roches.

Puis on trouve une coulée puissante de porphyres quartzifères, en partie pétrosiliceux, dépassant 1 000 mètres d'épaisseur. Au-dessus, des diabases et mélaphyres amygdaloïdes (3 et 5) alternent, de nouveau, avec des sables et conglomérats (4) ; enfin, la partie supérieure est composée de grès, schistes et conglomérats, atteignant encore 5 000 mètres de puissance et présentant des variétés

de grès rouges très analogues aux grès rouges des séries plus récentes de l'Europe.

Les lits détritiques, qu'on trouve intercalés à divers niveaux dans la série, mais particulièrement à son sommet, sont formés surtout, d'après M. Irving, de fragments de roches acides et paraissent résulter souvent d'une destruction presque contemporaine de leurs coulées sous-marines. Leur production est en rapport avec le mouvement d'affaissement du fond du synclinal du lac Supérieur et avec le phénomène de rapprochement de ses bords qui s'est poursuivi pendant tout le dépôt de la série.

En résumé, M. Irving a comparé ces épanchements de roches précambriennes aux coulées de roches tertiaires, avec cette différence que l'ordre de succession des coulées acides et basiques paraît beaucoup plus confus que dans les éruptions récentes et que les cinérites font défaut. Nous allons voir quel lien rattache, à ces roches, les gîtes métallifères.

**Gîtes métallifères.** — Le fer se trouve, comme nous l'avons dit, au voisinage du lac Supérieur, interstratifié dans les couches huroniennes de la base du bassin ; le cuivre apparaît, au contraire, exclusivement dans la série de Keweenaw, habituellement sous forme de cuivre natif, rarement à l'état d'oxyde et de sulfure, et toujours en relation avec les roches basiques vacuolaires ou altérées, jamais avec les roches acides. D'une façon générale, on peut dire qu'il résulte, au milieu de ces roches et des conglomérats associés, de venues aqueuses, légèrement postérieures à leur épanchement, venues ayant, soit rempli des fissures, soit pénétré par porosité dans la pâte même des roches et surtout dans leurs vacuoles. Sa présence, comme nous le montrerons bientôt plus en détail, est en rapport avec un métamorphisme de ces roches qui y a développé de la chlorite, de l'épidote, etc., et provient nettement d'actions secondaires. Peut-être est-il permis d'établir un certain parallélisme entre cette association ancienne de cuivre et de coulées de roches et celle que nous retrouverons, sous une forme comparable, à l'époque tertiaire, au Boleo et au Caucase.

Les plus importantes régions cuprifères sont :

1° Avant tout, la *pointe de Keweenaw* (fig. 224). Là se trouvent,

au Nord de la baie de Keweenaw : *Portage; Calumet and Hecla*, la plus grande mine du lac Supérieur, produisant 18 000 tonnes par an; *Quincy* produisant 2 200 tonnes; Osceola (près de Calumet),

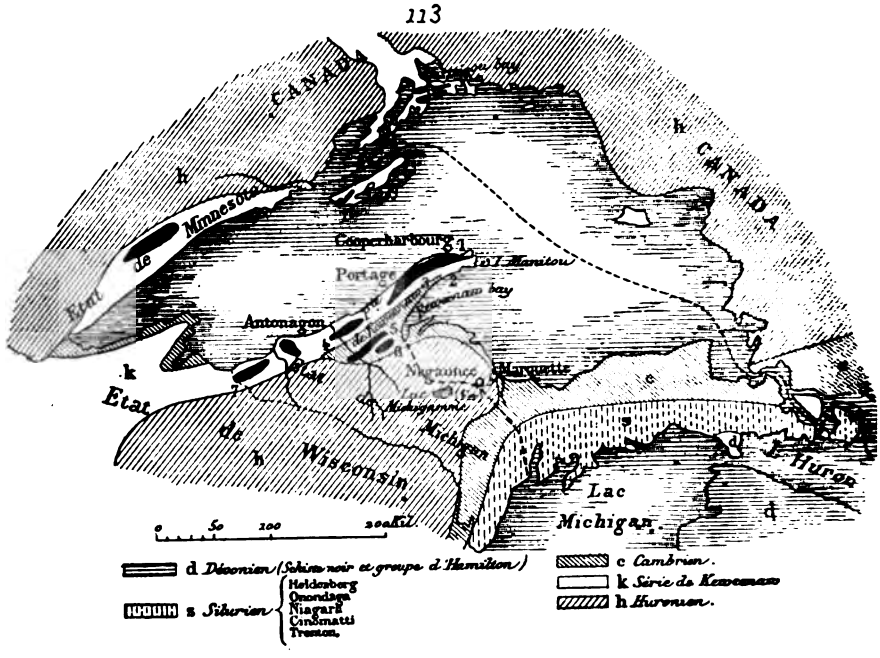



Fig. 224. — Carte géologique de la région du lac Supérieur (d'après M. Irving).
1, Copperfels. — 2, North West, etc. — 3, Cliff. — 4, Minnesota. — 5, Toltek. — 6, Adventure. 7, Ridge.

1 600; Central Mine (la mine où l'on trouve les plus grandes masses de cuivre natif); puis *Copperfels* (partie Nord); *Cliffmine; South-Cliffe; North-Western*; etc. : mines pour la plupart alignées (sauf Quincy et Copperfels) sur une zone de diabases et mélaphyres avec conglomérats intercalés;

2° La région d'*Otonagon*, plus au Sud, comprenant la mine *Minnesota*, où le cuivre se trouve disséminé dans les mélaphyres en bancs généralement parallèles à la stratification;

3° L'*île Royale* et le bord Nord canadien du lac.

Credner, et Groddeck à sa suite, ont distingué quatre gisements différents du cuivre :

1° Filons de fracture (Copperfels : filon Owl-Creck);

2° Ciment ou élément accessoire du ciment grenu d'une brèche de porphyre pétrosiliceux, située dans les mélaphyres;

3° Éléments accessoires des épidotites intercalées en lits irréguliers dans le mélaphyre (Concorde) ;

4° Remplissage complet ou partiel des amygdales des bancs de mélaphyres amygdaloïdes.

M. Irving, que nous suivrons de préférence, classe les trois derniers types en un seul groupe :

1° **Filons de fracture.** — Les filons de fracture ont été seulement exploités pour cuivre dans la pointe de Keweenaw. Ils s'y présentent avec des largeurs très variables, pouvant atteindre jusqu'à 10 mètres, mais habituellement restreintes entre 1 et 3 mètres. Au filon Cliff, la largeur est de 0,30 à 1 mètre ; au filon Owl-Creck de la mine Copperfels, elle atteint $8^{m},50$. Les parties riches s'y rencontrent uniquement dans les diabases amygdaloïdes ou à texture lâche, tandis que les roches compactes et massives contiennent à peine de cuivre ; et cette relation de la richesse avec la porosité des roches encaissantes se retrouve, jusqu'à un certain point, à l'intersection des bancs gréseux. Les filons, souvent presque verticaux, ne se présentent pas, en général, sous forme de fractures nettes, mais sous forme d'une imprégnation progressive des épontes partant d'un réseau de fissures plus ou moins complexe et affectant, par suite, l'allure d'un stockwerck. Le remplissage comprend : quartz, calcite et prehnite, avec débris des roches voisines ; les veines uniquement formées de calcite sont généralement stériles. Le cuivre natif, associé avec un peu d'argent, est, soit en veines, soit en masses, qui peuvent atteindre de très grandes dimensions.

L'origine et le rôle de ces veines filoniennes dans la formation cuprifère ont été l'objet de grandes discussions. On les a souvent considérées comme de véritables filons, ayant servi de chenaux d'arrivée au cuivre, qui se serait répandu de là dans les terrains encaissants. C'était la théorie exposée, tout au début des exploitations, par Rivot ; suivant lui, l'action électrique des diabases (trapps) avait été la cause de la précipitation du cuivre apporté par ces fractures, à la rencontre de ces roches. M. Irving est d'un

avis différent ; pour lui, le remplissage de ces veines résulte uniquement, comme celui des amygdales des diabases dont nous parlerons plus loin [1] et par un phénomène connexe, de la circulation d'eaux ayant produit, par remise en mouvement secondaire, le dépôt du cuivre. Les veines, à son avis, correspondent assurément à des fissures préexistantes du terrain que les eaux ont suivies, au lieu d'épouser, comme ailleurs, les plans de stratification; mais le filon que nous voyons aujourd'hui n'a pas les dimensions de cette fente préexistante : il est le résultat d'une imprégnation partie d'une fissure mince pour se répandre dans les roches encaissantes. Et il en donne comme preuves : l'existence de fragments nombreux de ces roches restés au milieu du réseau du stockwerck; la façon dont ces roches se sont altérées en se chargeant de cuivre ; surtout la plus large extension des filons en même temps que leur richesse plus grande à la rencontre des roches poreuses et attaquables ; enfin la coïncidence, à la traversée des mêmes bancs, entre le développement des veines et celui des amygdales cuprifères. Tous ces arguments prouvent assurément que ces filons sont, en grande partie, des filons de substitution et non d'incrustation, et qu'ils ont été produits par la même circulation d'eaux qui a déposé le cuivre dans les couches stratifiées; ils nous semblent ne fournir aucune présomption, ni sur la venue première de ce cuivre, ni sur celle des eaux.

2° **Dépôts stratiformes.** — Les grès et conglomérats, où l'on trouve du cuivre natif, sont à peu près uniquement les bancs minces intercalés au milieu des couches de diabase ; cependant, on connaît un banc cuprifère unique dans les couches purement détritiques de Keweenaw supérieur ; c'est celui de *Nonesuch* dans les montagnes Pourcupine. Ce banc, qui a été suivi sur 200 kilomètres, contient du cuivre en plusieurs points.

D'une façon générale, le cuivre se présente dans ces terrains, soit comme un *ciment* (Calumet and Hecla), soit comme un produit de substitution dans le corps des grains cimentés et, toujours incontestablement, comme un produit secondaire apporté par des eaux. Il semble rarement avoir rempli des interstices, mais,

[1] Page 316.

le plus souvent, avoir remplacé des éléments préexistants : c'est ainsi que, dans le grès de Nonesuch, on trouve fréquemment, au cœur du cuivre, des grains de magnétite.

Lorsque le métal existe dans les grains ou galets eux-mêmes, il se trouve surtout dans les feldspaths altérés dont il a d'abord suivi les directions de clivage.

Quelquefois aussi la venue métallifère a été accompagnée d'une altération des roches encaissantes qui a produit des *épidotites* (Concorde) ; ou encore le cuivre a pu pénétrer par porosité dans les *amygdales* des diabases et mélaphyres (lac Portage, Copperfels) : c'est-à-dire qu'en résumé, nous retrouvons, dans une certaine mesure, la classification de Credner mentionnée plus haut[1], et c'est l'ordre que nous allons suivre dans la description.

Commençons par le cas d'un *ciment métallifère :* il se présente, par exemple, à la fameuse mine de *Calumet and Hecla* où l'on exploite un conglomérat cuprifère renfermant de très nombreux fragments de porphyre pétrosiliceux peu altérés, avec un ciment où la plupart des feldspaths ont été remplacés par du cuivre. Cette altération, comme l'a montré Pumpelly, a eu pour corollaire un développement de chlorite et d'épidote toujours fréquentes au voisinage du cuivre et finissant par former parfois les épidotites considérées par Credner comme une troisième classe de gisements.

Le gîte de *Concorde* est un excellent exemple de cette *altération en épidote* poussée à l'extrême. Il s'agit là d'une couche de diabase amygdaloïde, remplie d'amandes et de cordons de quartz, de calcite et de laumonite, qui est souvent remplacée par une épidotite, c'est-à-dire par un mélange d'épidote et de quartz. Ce mélange est pétri d'amygdales et traversé par des veinules de quartz, de calcite et de pistazite (épidote vert bouteille) finement cristalline. Le cuivre natif se trouve, dans l'épidotite, en forme de houppes, de grains, de feuilles, de cordons anguleux et souvent ramifiés, et aussi en masses de plusieurs quintaux. Il est accompagné d'argent natif. La puissance du gîte de Concorde varie entre 0,30 et 9,30.

Enfin le cuivre se présente fréquemment à l'état de remplissage

[1] Page 113.

partiel ou complet d'*amygdales des diabases;* en particulier, autour du lac *Portage* où ces amygdales sont l'objet d'une grande exploitation.

Comme l'a montré Pumpelly, le cuivre a été introduit là, postérieurement à la consolidation, dans une roche amygdaloïde analogue à celles qu'on trouve dans toutes les coulées volcaniques. Il y a pénétré par porosité, en suivant les clivages des minéraux, en s'introduisant dans tous les vides et y a cristallisé par substitution, à la place souvent d'amygdales de calcite. C'est pourquoi, lorsqu'on ne trouve que de la calcite intacte dans les amygdales d'une roche diabasique peu altérée, on a peu de chances de rencontrer du cuivre. En même temps qu'il se déposait du cuivre, il s'est, en effet, développé de la chlorite, de l'épidote, de la prehnite, etc., qu'on trouve associées à une portion de la calcite non décomposée, aujourd'hui gangue du minerai. Le cuivre n'existe pas d'ailleurs que dans les amygdales; il a pénétré également dans la pâte de la roche, partout où son altération le lui permettait.

Dans la région d'Ontonagon, en particulier à la mine autrefois fameuse de *Minnesota*, on trouve des masses de cuivre avec épidote et calcite se rapprochant, jusqu'à un certain point, du caractère de fissures transversales précédemment décrites[1].

Les amygdales de la mine *Copperfels*, qui peuvent nous servir d'exemple, sont souvent entièrement remplies de cuivre natif. Le cuivre, provenant de ces cavités arrondies, dont le diamètre varie depuis celui d'une tête d'épingle jusqu'à celui d'un pois, est désigné par les mineurs sous le nom de cuivre en grains. Ces grains sont, tantôt isolés les uns des autres dans la pâte du mélaphyre, tantôt réunis par de petits fils de manière à former comme des grappes de raisin. On connaît aussi, à la même mine, des cavités courbes de 5 à 8 centimètres de longueur entièrement pleines de cuivre, produisant ce qu'on appelle des clous de cuivre. Là où les amygdales ne sont pas complètement remplies de cuivre natif, le minerai y est accompagné d'argent natif, de calcite, de quartz, de chlorite, de laumonite rouge, de prehnite, d'analcime,

[1] Page 313.

d'épidote, de datolite, d'oligiste, etc. Les zéolithes, qui y sont fréquentes, sont une des preuves de l'intervention des phénomènes aqueux dans leur remplissage. D'ailleurs l'argent et le cuivre natif, d'une fusibilité très différente, n'auraient pu cristalliser ensemble dans une action ignée.

Comme conséquence pratique de cette description, M. Irving indique les règles suivantes pour la *recherche des gisements de cuivre :*

1° On doit s'attacher de préférence aux diabases altérées et amygdaloïdes contenant surtout de l'épidote, de la prehnite et de la chlorite ; celles où l'on trouve la laumonite sont rarement riches, et celles où la calcite prédomine presque toujours stériles ;

2° Parmi les grès et conglomérats, on doit toujours s'attacher aux bancs minces intercalés au milieu des diabases ;

3° Le Keweenaw supérieur, à l'exception des grès de Nonesuch, n'est pas cuprifère.

**Mode de formation des gisements.** — Sur l'origine même du cuivre, on a émis deux hypothèses : la première que nous préférons, c'est qu'il provient du magma qui a donné les diabases, sinon de ces diabases mêmes et résulte, par suite, d'une activité hydrothermale filonienne ayant pris une allure spéciale ; la seconde, c'est qu'il a commencé par se déposer sédimentairement sous formes de sulfures dans les conglomérats et grès du haut de la série de Keweenaw comme dans le permien de Russie, et que la circulation superficielle des eaux l'a emprunté postérieurement à ces terrains sous forme de sulfate, carbonate et silicate. Pumpelly, qui a émis cette dernière hypothèse, a eu le mérite de montrer que, si l'origine du cuivre était douteuse, la cause de sa précipitation était certainement un phénomène de cémentation produit par la magnétite contenue dans la pâte augitique des diabases ; la peroxydation de cette magnétite est, en effet, en relation avec le dépôt du cuivre ; mais sa théorie sur l'origine du métal paraît difficilement admissible en raison de la rareté extrême du cuivre sulfuré dans les couches d'où il proviendrait, selon lui.

Maintenant faut-il admettre, avec Rivot, que la venue cuivreuse soit postérieure aux diabases, arrivée par les filons, épanchée par

porosité dans les diabases et conglomérats, et que le dépôt s'est produit particulièrement dans les diabases, sinon à cause de leur action électrique, comme le supposait Rivot, au moins à cause de leur richesse en fer oxydulé. C'est ce que les géologues américains, auxquels nous devons nous fier, semblent peu disposés à admettre. Peut-être est-il permis de croire que la venue des diabases et leur coulée au fond d'un bassin sédimentaire ont été suivies d'abondantes intrusions de l'eau de la mer dans le magma igné subsistant en profondeur, intrusions ayant déterminé la remontée presque immédiate d'eaux cuprifères qui ont ensuite agi, soit sur les fissures de la roche, soit sur ses vacuoles, par porosité.

**Exploitation.** — Au point de vue industriel, le tableau suivant montre le développement de ces mines depuis vingt ans[1] :

PRODUCTION DU CUIVRE AU LAC SUPÉRIEUR

| ANNÉES | PRODUCTION totale DES ÉTATS-UNIS | LAC SUPÉRIEUR | ANNÉES | PRODUCTION totale DES ÉTATS-UNIS | LAC SUPÉRIEUR |
|---|---|---|---|---|---|
| | Tonnes | Tonnes | | Tonnes | Tonnes |
| 1845 | 100 | 12 | 1868 | 11 600 | 9 346 |
| 1846 | 150 | 26 | 1869 | 12 500 | 11 886 |
| 1847 | 300 | 213 | 1870 | 12 000 | 10 992 |
| 1848 | 500 | 461 | 1871 | 13 000 | 11 942 |
| 1849 | 700 | 672 | 1872 | 12 500 | 10 971 |
| 1850 | 650 | 572 | 1873 | 15 500 | 13 433 |
| 1851 | 900 | 779 | 1874 | 17 500 | 15 327 |
| 1852 | 1 100 | 792 | 1875 | 18 000 | 16 089 |
| 1853 | 2 000 | 1 297 | 1876 | 19 000 | 17 085 |
| 1854 | 2 250 | 1 819 | 1877 | 21 000 | 17 422 |
| 1855 | 3 000 | 2 593 | 1878 | 21 500 | 17 719 |
| 1856 | 4 000 | 3 606 | 1879 | 23 000 | 19 129 |
| 1857 | 4 800 | 4 255 | 1880 | 27 000 | 22 204 |
| 1858 | 5 500 | 4 088 | 1881 | 32 000 | 24 303 |
| 1859 | 6 300 | 3 985 | 1882 | 40 467 | 25 439 |
| 1860 | 7 200 | 5 388 | 1883 | 51 574 | 26 653 |
| 1861 | 7 500 | 6 713 | 1884 | 63 555 | 30 916 |
| 1862 | 9 000 | 6 005 | 1885 | 75 500 | 32 839 |
| 1863 | 8 500 | 5 797 | 1886 | 71 081 | 36 831 |
| 1864 | 8 000 | 5 576 | 1887 | 82 060 | 34 605 |
| 1865 | 8 500 | 6 410 | 1888 | 102 671 | 38 860 |
| 1866 | 8 900 | 6 138 | 1889 | 102 533 | 39 307 |
| 1867 | 10 000 | 7 824 | 1890 | 117 520 | 45 856 |

[1] Voir page 218, d'autres tableaux statistiques.

Quant Rivot a visité le lac Supérieur en 1856, la production était de 2 000 tonnes de cuivre ; elle s'est élevée, en 1890, à 15 856 tonnes. Cependant l'exploitation y est fort ancienne, car elle remonte à plus de six cents ans ; mais les indigènes étaient arrêtés par les neiges qui, en hiver, atteignent $1^m,50$ d'épaisseur et ne pouvaient arriver à fendre les énormes blocs de cuivre natif. Les blocs les plus gros, extraits jusqu'ici, sont sortis de la mine Centrale ; l'un d'eux a atteint 1 000 tonnes. La mine Tharin a fourni un bloc de 600 tonnes et plusieurs autres de 100 tonnes [1].

Le dépècement de ces masses métalliques reste d'ailleurs, même avec les procédés modernes, assez difficile ; presque toujours, on les fait sauter à la poudre : on dispose, le samedi soir, jusqu'à 25 barils de poudre dans un seul chantier d'exploitation, on y met le feu et on abandonne ces travaux à eux-mêmes jusqu'au lundi afin de les ventiler. La dynamite ne donne pas, paraît-il, d'aussi bons effets que la poudre de mine.

Les blocs dégagés, on les découpe ; 3 hommes travaillent ensemble, 2 frappeurs et 1 teneur de tranche. Ils ne découpent, dans leur poste, sur 30 centimètres de profondeur, qu'une longueur de 20 centimètres. Un bloc de 800 tonnes, à la mine Minnesota, a exigé dix-huit mois de travail continu ; pour un bloc ordinaire de 50 à 60 tonnes, il faut encore, à 3 hommes relayés sans cesse, plus de trois mois.

Les morceaux, une fois sortis, sont débarrassés de leur gangue de carbonate de chaux en les chauffant au rouge, puis les étonnant à l'eau froide.

Nous donnons ci-joint deux prix de revient par tonne de minerai broyé, l'un (A) relatif à l'Atlantic Mining C°, extrait de l'*Engineering* (21 mars 1885), l'autre (B) tiré de renseignements fournis par M. Eggleston à M. Roswah.

A l'Atlantic Mining Company, on avait obtenu pour l'année en question (1884) les résultats suivants :

[1] M. Hautefeuille a trouvé, comme composition du cuivre du lac Supérieur :

| | |
|---|---|
| Cuivre | 69,280 |
| Argent | 5,452 |
| Mercure (dont on ne soupçonnait point la présence) | 0,619 |
| Gangue | 25,248 |
| | 100,000 |

| | | |
|---|---|---|
| Minerais extraits | 209 510 | tonnes. |
| Cuivre brut | 2 200 | — |
| Cuivre raffiné | 1 581 | — |

Teneur des minerais en cuivre : 0,755 p. 100.

Voici les prix de revient[1] :

| | A Engineering. | B Roswag. |
|---|---|---|
| Extraction, triage | 4,75 | 3,74 |
| Abatage | | 14,50 |
| Transport au moulin | 0,20 | 0,31 |
| Lavage | 2,00 | |
| Préparation mécanique | | 3,72 |
| Représentation | | 1,13 |
| Frais généraux de la mine | 6,95 | 23,38 |
| Transport à New-York (par tonne de minerai) | 4,10 | |
| | 8,35 | |
| Frais commerciaux | 0,50 | |
| | 8,85 | |
| Valeur du cuivre contenu | 9,01 | |
| Bénéfice net par tonne de roche traitée | 0,50 | |

(Il faut retrancher de ce bénéfice les frais commerciaux.)

## *Bibliographie.*

1772. Relation de ce qui s'est passé à la Nouvelle-France dans les missions de 1632 à 1772.

1809. Henry. — Voyage au lac Supérieur.

1821-1824. Cass, Long. — (*Am. Journ. of Sc.*)

1845. Jackson. — Lettre sur le gisement de cuivre et d'arg. nat. des bords du lac Supérieur. (*B. S. G.*, 2e, t. II, p. 317, et 2e, t. VII, p. 667.)

1849. Message du président des Etats-Unis aux deux chambres du Congrès à l'ouverture du 31e Congrès, 24 déc. 1849.

1850. Foster et Whitney. — Carte géologique du lac Supérieur.

1850. Foster et Whitney. — Rapport sur la géol. et la topogr. d'une partie du lac Supérieur.

1850. Agassiz. — Lac Supérieur; ses caract. physiq.; sa végétation et sa faune.

[1] En 1884, les grès imprégnés de cuivre à 4 p. 100 de Calumet and Hecla donnaient le prix de revient suivant, par tonne de cuivre, d'après un rapport de M. Çumenge :

| | |
|---|---|
| Extraction | 7,30 |
| Fusion | 2,18 |
| Frais généraux | 0,51 |
| | 9,91 |

1854. WHITNEY. — La richesse minérale des Etats-Unis (Philadelphie). (*Metallic. wealth of the United states.*)

*1855. RIVOT. — Voyage au lac Supérieur. (*Ann. d. M.*, 5e, t. VII, p. 173.)

1869. CREDNER. — Neues Jahrb. f. Mineral, p. 1.

1871. RŒMER. — Berg. u. Hutt'enm. Zeit., p. 322. (Compte rendu.)

1872. RAPHAEL PUMPELLY. — (*Am. Journal*, 3e série, t. II, p. 194-243 et 347.)

JACKSON. — (*Ann. d. M.*, 4e, série, t. XVII, p. 104.)

LOGAN. — Geology of Canada, p. 67 à 86.

1874. Neues Jahrb. f. Min., p. 743.

1874. T. V. IRVING. — The Copper bearing Rocks of *lake Superior*. (*Monographs of the geological Survey of U. S.*, T. V. ; et *New Haven Amer. journ. of sc. and arts*, 3e, t. VIII, p. 46.)

1877. MOSLER. — (*Zeitschr. f. Berg. u H. im preuss., St.* t. XXV, p. 212.)

1877. GILPIN. — Recent discoveries of Copper in Nova Scotia. (*Q. J. g. soc. London*, nov. 1877.)

1877. HUNT. — (*Eng. and min. journal of New-York*, aug. 1877, p. 109.)

1877. HAUCHECORNE. — Uber gedigen Kupfer aus der Grube Calumet and Hecla. (*Geol. Gesel.*, t. XXIX, p. 846.)

*1878. PUMPELLY. — Metasomatic development of the Copper bearing.... (*Proc. Am. ac.*, 1878, t. XIII, p. 253-309.)

1877 à 1880. MOSLER. — Kupfer Bergbau am Obern See (*Zeitschrift*, t. XXV, p. 203; t. XXVII, p. 77 ; t. XXVIII, p. 210.)

1880. DANA. — (*Am. journ.*, t. XX, p. 330.)

1881. E. WADSWORTH. — Notes on the geology of the Iron and Copper districts of the *lake Superior*. (*Bull. of the Museum of comparative Zoology. Geological series*, n° 1. Cambridge (Etats-Unis); et *Proc. of Boston natur history*, t. XXI, p. 3.)

IRVING. — On the Copper bearing rocks of Lake Superior. (*Science*, t. V, p. 299. Cambridge Mass. U. S.)

*1883. IRVING. — The copper bearing rocks of Lake Superior. (*Un. St. geol. Sc.*, 3e année). (Voir p. 14 une bibliographie complète des travaux antérieurs.)

EGLESTON. — Copper mining in Lake Superior.

1883. T. C. CHAMBERLIN. — The copper-bearing series of *lake Superior*. (*Science de Cambridge, U. S. A.*, vol. I, p. 453. Cambridge, 1883.)

1883. STERRY HUNT. — The geology of lake Superior.

1884. WOOSTER. — Transition from the Copper-bearing series to the Potsdam. (*Am. J. of Sc.*, 3e série, t. XXVIII, p. 463. Newhaven, 1884.)

1885. (*Engineering* du 21 mars.)

1887. DAUBRÉE. — Eaux souterraines anciennes, p. 17, 274, 319.

1888. CUMENGE et LA BONGLISE. — Rapport sur la mine Calumet and Hécla.

1888. REMAURY. — La prod. du cuivre. (*Génie civil.*)

1888. BERTRAND. — Distribution des Roches éruptives en Europe. (*B. S. G.*, p. 577 et 600.)

## 4° GÎTES DE CUIVRE SÉDIMENTAIRES

Les gisements sédimentaires se présentent, en général, dans des conditions d'exploitation particulièrement favorables à cause de leur constance dans la teneur, de leur régularité relative et des facilités qu'on trouve habituellement pour les exploiter sans aller constamment en s'approfondissant. Cette forme de gisements, habituelle pour le fer, assez anormale pour le plomb et le zinc, est relativement fréquente pour le cuivre.

Le cuivre entre, en effet, dans des combinaisons très solubles, en particulier le sulfate que des influences très simples, par exemple la présence de matières organiques ou celle de dégagements hydrocarburés, suffisent à réduire et à précipiter ; il est assez naturel qu'à certaines époques spéciales où nous trouvons des filons de cuivre abondants et des roches éruptives contenant une certaine proportion de cuivre dans leur masse, il se soit produit, dans certains bassins marins, soit par lavage des roches encaissantes, soit plutôt par épanchement de sources, des dissolutions de cuivre très étendues ayant déposé de minces couches de sulfure de cuivre.

Peut-être faut-il voir, dans le lac Supérieur, un exemple précambrien de sédiments cuivreux ayant accompagné ou suivi des coulées sous-marines de diabases et dont les produits secondaires, emportés par les eaux, se seraient d'abord introduits par porosité dans ces roches ou dans les grès connexes, puis précipités par cémentation. Nous renvoyons, pour l'examen de cette hypothèse, à ce que nous avons dit plus haut[1].

Le Rammelsberg, que nous allons étudier, serait, d'après les géologues allemands, un type dévonien de gisements de pyrite de fer cuivreuse et autres sulfures métalliques sédimentaires.

A la fin du plissement herynien correspondent :

Dans le Rothliegende, les grès cuprifères de Perm (oxyde de cuivre), de la Bohême du Nord, de Corocoro (cuivre natif) ;

[1] Page 317.

Dans le Zechstein, les schistes du Mansfeld (sulfure de cuivre), de la Westphalie et de la Hesse;

Dans le grès bigarré ceux, associés à de la galène, de Saint-Avold, Commern et Mitschernich en Prusse rhénane.

Enfin, aux plissements et éruptions tertiaires se rattachent les gîtes du Caucase et du Boléo.

## GÎTE CUPRIFÈRE DU RAMMELSBERG (BAS HARZ)[1]

L'amas de sulfures complexes (pyrite cuprifère et galène) du Rammelsberg, à 2 kilomètres au Sud de Goslar, dans le bas Harz[2], a été l'objet d'un grand nombre de descriptions où on l'a, tour à tour, considéré comme un filon, un stockwerk, un amas, etc.;

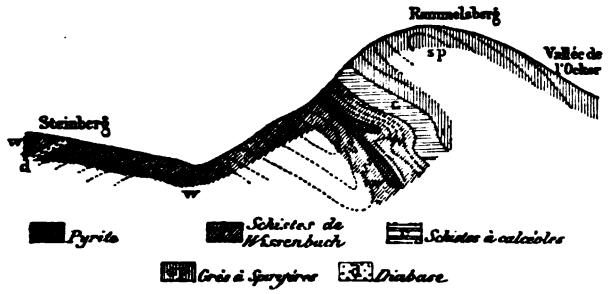



Fig. 225. — Coupe de la montagne du Rammelsberg.

aujourd'hui, MM. Wimmer, von Groddeck, Köhler, etc., sont d'accord pour y voir une couche interstratifiée. C'est leur théorie que nous exposerons ici.

Quelques mots de description tout d'abord.

A mi-hauteur de la montagne du Rammelsberg, affleure, au milieu des terrains dévoniens renversés, une couche de pyrite dont la figure 225 représente la coupe. Cette couche, d'une épaisseur maxima de 15 mètres en général, atteint 30 mètres en un point où elle présente une bifurcation latérale appelée le *Han-*

[1] Coll. *Ecole des mines*, 1958.

[2] Voir la carte géologique en couleurs, pl. II.

*gende Trumm*. En direction, la longueur reconnue exploitée est de 1 300 mètres ; la profondeur des travaux actuels n'est encore que de 300 mètres, bien que les travaux remontent déjà à plus de mille ans.

Les terrains qui contituent la montagne sont, par ordre d'ancienneté, les suivants :

1° Grès à spirifères (*Spirifer macropterus*, *Chonetes sarcinulata*, *Ctenocrinus*, etc.);

2° Schistes à calcéoles (*Calceola sandalina*, *Spirifer speciosus*, etc.);

3° Schistes de Wissenbach (*Orthoceras multiseptatus*, *Goniatites Jugleri*...).

Ces terrains sont renversés, comme nous l'avons dit, et les schistes de Wissenbach, qui encaissent le gisement, sont situés au-dessous des schistes à calcéoles et des grès à spirifères constituant le sommet de la montagne.

Un fait important au point de vue théorique, c'est que le mur du gîte, formé des couches qui étaient en dessus au moment du dépôt, est stérile, tandis que le toit (c'est-à-dire les couches inférieures) est assez imprégné de pyrites pour être exploitable sur une forte épaisseur et traversé par de petites fractures filoniennes qu'on a considérées comme les griffons d'arrivée des sources sulfureuses. Lorsqu'on va du mur au toit, on trouve d'abord les *Leitschicht*, schistes tendres et tourmentés traversés par un grand nombre de fissures avec remplissage de quartz et de calcite; ces Leitschicht sont séparés, par une sorte de petite fissure remplie de *schmierigen letten*, des couches de schistes compacts.

Puis le mur du gîte métallifère est formé d'une masse pyriteuse à grains fins avec galène et blende, pyrite et sulfate de baryte. C'est le minerai de plomb proprement dit qui est divisé en deux catégories : grauerze où domine le sulfate de baryte, braunerze où domine la blende.

Au milieu du gîte, viennent les *melirte-erze*, fines stratifications de pyrite et de galène ; plus loin, une masse compacte de pyrite avec pyrite de cuivre et un peu de mispickel ; et enfin, le toit est formé par les schistes imprégnés ou *kupferkniest*.

Au point de vue de l'*origine du gîte*, on a remarqué, en outre, une concordance parfaite entre les stratifications de la pyrite et

celles des schistes encaissants[1] : tous les plissements des schistes se trouvent reproduits dans le zonage de la pyrite voisine. Ceci, joint à l'allure de l'Hangende Trumm, c'est-à-dire de la ramification latérale bien limitée et complètement enveloppée de schistes, paraît exclure la possibilité d'une injection pyriteuse, postérieure au renversement qui a imprimé aux couches leur allure actuelle.

S'ensuit-il immédiatement et sans conteste que le gîte du

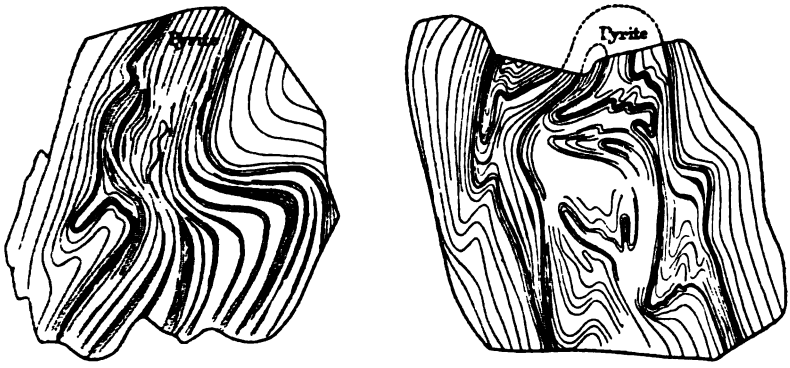



Fig. 226 et 227. Echantillons minéralogiques du Rammelsberg montrant la structure zonée des minerais (d'après M. Babu).

Rammelsberg est un gîte véritablement interstratifié ? Pour que la preuve absolue en eût été faite, il eût fallu, de l'autre côté du pli anticlinal de la montagne, retrouver la couche pyriteuse à sa place, ce qui n'a pas lieu. A défaut de cet argument concluant, on remarque que la masse pyriteuse présente une fine stratification très nettement visible dans les échantillons à plis intérieurs complexes (fig. 226 et 227). Pour nous, nous l'avons dit déjà[2], un semblable raisonnement, qui peut sembler au premier abord péremptoire, ne l'est nullement, quand on y réfléchit, dans la totalité des cas. Car un aspect comparable peut aussi bien être obtenu par une injection et substitution pyriteuse postérieure au plissement des schistes et en ayant rempli tous les vides, que par une interstratification antérieure. Il semble même qu'un noyau de pyrite compacte, placé au milieu de schistes soumis à une action mécanique,

[1] Le contraste est absolu entre les masses de pyrite massive de Rio-Tinto et les pyrites finement stratifiées du Rammelsberg qu'on peut, au contraire, rapprocher des schistes cuprifères du Mansfeld.

[2] Page 281.

aurait dû jouer le rôle d'un coin résistant autour duquel on constaterait, aux pointes, par exemple, et le long des parties les plus dures, une discordance de stratification et des phénomènes de rupture résultant de ce que les zones intérieures de la pyrite n'ont pas bougé, tandis que celles des schistes encaissants ont été courbées. Cependant, avec des schistes pyriteux, comme ceux du Rammelsberg vers le toit actuel, passant graduellement de la pyrite au schiste stérile, cette objection perd de sa valeur et l'hypothèse d'une injection est bien difficile à poursuivre dans certains cas de détail comme ceux représentés par les figures 226 et 227.

En outre, l'observation du toit (autrefois le mur) montre l'existence de petits filons nets avec axes géodiques et druses tapissées de cristaux, filons renfermant pyrite de cuivre, pyrite, cuivre gris, galène, blende, barytine, calcite, sidérose, quartz et calamine, qui se prolongent parfois dans la pyrite même, sans jamais y occasionner de rejets. Au contraire, au mur (autrefois le toit), la métallisation cesse brusquement.

On suppose donc que des eaux sulfureuses, arrivant par ces fractures au fond d'un golfe marin, y ont cimenté de fines poussières résultant de l'érosion des côtes et formé un dépôt de pyrite sédimentaire dont les fissures ont continué quelque temps à livrer passage aux eaux minérales. La consolidation une fois faite, les plissements postérieurs ont produit le renversement actuel, renversement dans lequel la partie, autrefois au toit du gîte a, comme on pouvait le prévoir suivant une remarque précédente, subi l'effort violent et le coincement de la masse métallifère à son contact. En sorte qu'il en est résulté, au mur actuel du gîte, une sorte de rupture par faille avec un broyage des leitschicht cimentés plus tard par de la calcite.

*Bibliographie.*

1789. Lasius. — Beobachtungen über die Harzgebirge, 2e P., p. 297-412.
1834. Zimmermann. — Das Harzgebirge. (Darmstadt).
* 1877. Wimmer. — (*Zeit. f. B. H. U. S. im. preuss.*, t. XXV, p. 119.)
1879. Groddeck. — Page 158.
* 1880. Stelzner. — Die Erlagerstätte von Rammelsberg (*Z. d. d. geol. G.* 32, 4, 808).
1883. D'Achiardi. — I, p. 350.
* 1887. Babu. — Note sur le Rammelsberg. (*Ann. d. M.*, oct. 1887.)

# GRÈS CUPRIFÈRES DE RUSSIE ET BOHÈME

(*Oxydes de cuivre dans les grès du rothliegende.*)

**Russie.** — En Russie, les grès cuprifères paraissent appartenir à divers niveaux allant du Rothliegende supérieur au trias. Le gisement de Santagoul (district de Belebei) est nettement permien; celui de Kargalinsk, au contraire, contient des fossiles du trias.

Les roches encaissantes, quel que soit leur niveau, ont une forme analogue ; ce sont des grès généralement gris ou blanchâtres, contenant principalement des minerais oxydés, avec du cuivre natif très rare, mais accessoirement des sulfures ; tantôt le minerai forme le ciment de la roche arénacée, tantôt il s'y présente en poussière ou en nodules et sur les parois des fentes. Les grès renferment beaucoup de restes de plantes (calamites, etc.) autour desquels le minerai, spécialement la chalcosine, se concentre volontiers ; on trouve, dans les troncs d'arbres, de longues tiges rondes ou elliptiques de chalcosine, entourées de malachite, d'azurite, de limonite cuprifère et de cuprite ferrifère; à quelque distance des troncs, les grès ne renferment plus que des minerais de cuivre oxydés. En dehors de la chalcosine et de la malachite, le cuivre se présente à l'état de phillipsite, de chrysocole (silicate hydraté de cuivre), de cuprite, de volborthite (vanadate hydraté de cuivre et chaux), rappelant la présence du vanadium reconnue par Kersten dans le Mansfeld et invoquée, comme nous le dirons, dans certaines théories de M. Dieulafait.

Les couches permiennes de Russie s'étendent en stratification très régulière, presque horizontale, sur une surface de près de 900 000 kilomètres carrés; les parties cuprifères se trouvent dans les districts de Perm et d'Ekaterinenbourg et dans les provinces ouraliennes d'Ufa et d'Orenbourg. Le minerai est généralement très inconstant comme qualité et comme quantité ; il forme des couches peu étendues horizontalement et disparaissant souvent; leur épaisseur varie entre 6 et 70 centimètres et, contrairement

à ce qui se passe dans le Mansfeld, on trouve parfois 2, 3 ou 4 couches de minerai superposées.

Ordinairement, l'exploitation d'un gisement est terminée au bout de deux à neuf ans ; rarement elle en dure dix. La profondeur à laquelle se trouve le minerai est généralement inférieure à 60 mètres ; sa teneur moyenne, comme dans le Mansfeld, d'à peu près 3 p. 100.

Les mines les plus riches sont celles de *Kargalinsk* (40 kilomètres d'Orenbourg) ; une faible partie des gisements connus est en exploitation ; cependant le minerai est pur et le cuivre produit d'excellente qualité. En 1875, les gisements de cuivre en couches ont donné 20 000 tonnes de minerais, d'où l'on a extrait 800 tonnes de cuivre.

*Bibliographie.*

1848. Murchison. — Geol. des europäischen. Russlands (trad. en allem. de Leonhard), p. 167, 177.

1843. G. von Helmersen. — Ueber ein Vorkommen von Kupfererzen und Knochenbredzie in den silurischen Schichten des Gouvernements *St-Petersburg*. (*Bull. Ac. I. d. Sc. de Saint-Petersbourg, et phys. mat.*, t. I, p. 161.)

1861. Cotta, p. 548. — Cf. *Arch. d'Erdmann*, t. II et VII.

1863. Nrubert. — Berg. u. H. Zeit, p. 141 et 169.

1868. Forster. — Berg. u. H. Zeit., p. 193.

1878. Rich. min. de la Russie d'Europe, p. 96. — Bibliographie, p. 89.

1879. Groddeck, p. 126.

**Bohême.** — En *Bohême septentrionale,* le cuivre se trouve également dans des grès du Rothliegende et sa richesse est en relation avec la présence de plantes. On a trouvé de ces gîtes de cuivre, toujours dans des conditions semblables, à Starkenbach et Hohenelbe, à Eipel, à Radowenz, près de Nachod, entre Böhmischbrod et Kaurim, etc...

## GRÈS CUPRIFÈRE DE COROCORO (BOLIVIE)

*(Niveau du rothliegende.)*

Le gîte de Corocoro, en Bolivie, département de la Paz, au Sud du lac Titicaca, paraît d'origine et d'allure identiques à ceux de Perm. Le cuivre s'y trouve, d'après Groddeck, dans des argiles et

des grès gypseux qui semblent les équivalents du Rothliegende allemand. Elles ont de 0, 50 à 12 mètres de puissance et sont formées de grès d'un gris cendré, à grain tantôt fin, tantôt grossier et de conglomérats à grains fins, avec minerai de cuivre et principalement avec *cuivre natif* en grains, en nodules, en masses d'épaisseur très variable, imitant parfois la forme de cheveux, de fils, de mousses, de feuilles, etc... comme le cuivre déposé par électrolyse. Le cuivre natif est toujours accompagné de gypse, entre les lamelles duquel il dessine de fines dendrites et il minéralise fréquemment des fragments de bois. On le trouve associé avec des sulfures et surtout des oxydes ; chalcosine, azurite, malachite, cuprite, chalcophyllite, argent natif, etc.

L'association du gypse et des restes organiques avec le cuivre peut être en relation avec une théorie de M. Dieulafait, admettant que la précipitation du cuivre résulte de la présence de sulfures provenant du sulfate de chaux. Les actions électriques ont pu également jouer un rôle.

*Bibliographie.*

1864. Reck. — Berg. u. Hütten. Zeit., p. 93 et 113.
1871. Noggerat. — Verhandl. der naturh. V. d. p. Rheinl. u. Westf. Corresp., p. 88.)
1879. Groddeck, p. 127.

## SCHISTES BITUMINEUX CUPRIFÈRES DU MANSFELD[1]

*(Couche de 0m,50 d'épaisseur de schistes du Zechstein à 3 p. 100 de cuivre, produisant 16 000 tonnes de cuivre et 60 tonnes d'argent par an.)*

Les gisements de cuivre du Mansfeld présentent un grand intérêt géologique aussi bien qu'industriel ; aussi nous y arrêterons-nous un peu longuement.

[1] Coll. *École des Mines*, 1959.

**Géologie générale de la région**[1]. — Le bassin des schistes cuivreux du Mansfeld occupe les versants Sud et S.-E. du Harz inférieur (Unter Harz) et fait partie de la bordure de terrains permien et triasique qui vient s'appuyer contre les terrains plus anciens (silurien et carbonifère) du Harz inférieur.

A l'Est, le terrain permien affleure, sur une vaste étendue, sous la forme d'un U dont les deux branches se dirigent vers l'Est jusqu'à la Saale. Elles sont limitées, au Sud, par une chaîne de collines assez importante, dernier contrefort du massif principal, d'Annarode à Hornbourg ; à l'Est, par une suite de hauteurs séparant les deux branches de l'U et s'étendant jusqu'à la Saale.

Ces deux lignes de hauteurs entourent une profonde vallée renfermant les deux lacs du Mansfeld et se terminant par l'étroit défilé de la Salze, affluent de la Saale.

Mentionnons, en outre, la Wipper, affluent de la Saale, qui descend du massif du Harz et traverse le terrain permien vers le fond de l'U caractérisé plus haut.

Les terrains qui constituent le bassin du Mansfeld sont très régulièrement disposés (fig. 228 et 229). Ils sont formés, à la base, de *Permien* divisé en ses deux termes :

Le *Rothliegende* (grès rouge permien) ;

Le *Zechstein* (*schistes cuivreux* et calcaires).

Au-dessus, commence une vaste formation de *grès bigarré* qui s'étend largement autour du Harz et va constituer notamment, un peu plus au Nord, la partie inférieure du bassin de Stassfurt[2].

Le grès bigarré est, à son tour, partiellement recouvert par des lambeaux de terrain tertiaire (oligocène) renfermant des couches de lignite.

La nature sédimentaire des schistes cuivreux nous force à commencer par décrire rapidement les trois groupes du *Rothliegende*, du *Zechstein* et du *grès bigarré*, tels qu'on les rencontre dans le bassin du Mansfeld ; après quoi, nous nous occuperons spécialement de la partie exploitée.

A. — Le *Rothliegende*[3] représente, au-dessous du zechstein marin,

[1] Voir la carte géologique en couleurs de l'Allemagne centrale, pl. II.

[2] Voir tome I, p. 429.

[3] Voir la coupe d'ensemble, p. 337, et les coupes de puits, fig. 228.

un faciès d'eau douce. Son nom est une corruption du mot « Roth-todlliegende » (mur rouge stérile), ancien nom donné par les

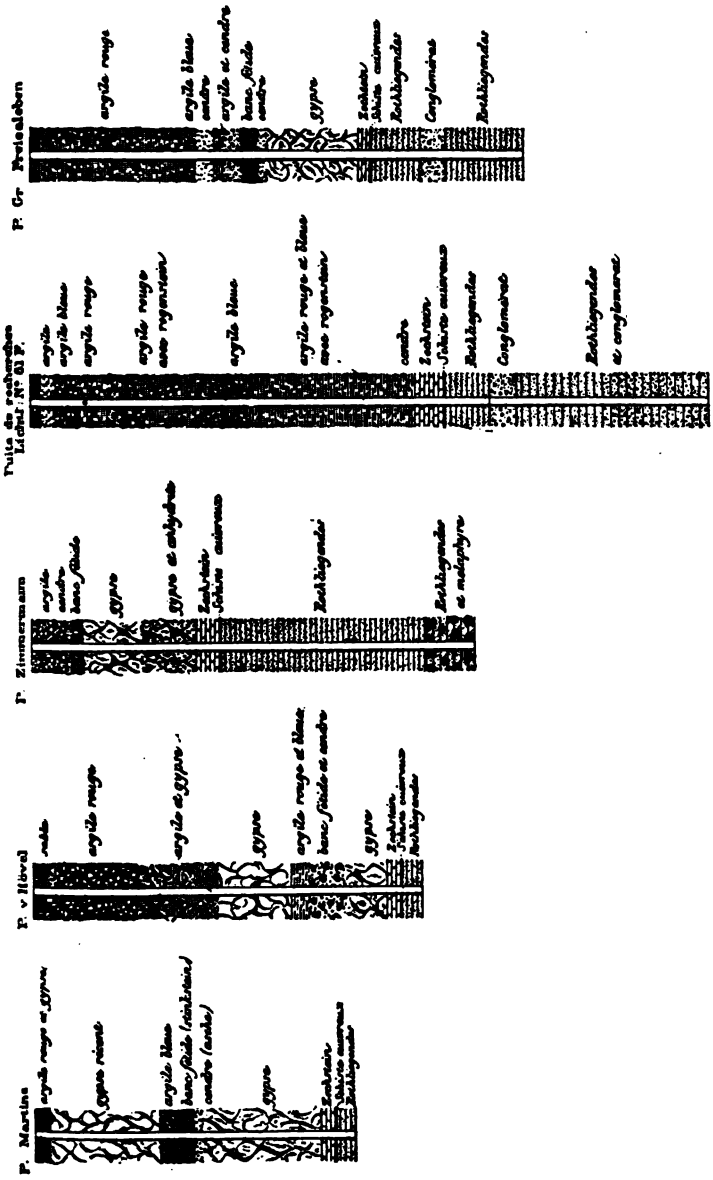


Fig. 228. — Coupes de puits du Mansfeld.

mineurs à l'ensemble des grès et des conglomérats permiens for-

mant le mur de la couche de schistes cupro-argentifères si caractéristique du Mansfeld.

La puissance du Rothliegende atteint 1 000 mètres. Cette formation présente un faciès très caractéristique et peut se distinguer immédiatement des formations similaires.

Sa couleur est rouge ou violet rouge, ses éléments plus arrondis que ceux des grès plus anciens et il ne renferme pas, comme eux, des grains de feldspath plus ou moins altéré.

Par contre, son grain est, en général, plus grossier que celui du grès bigarré et l'on rencontre, dans les parties un peu consolidées, des paillettes brillantes de mica, ce qui ne se présente pas dans le grès bigarré.

Son épaisseur, qui atteint 2 000 mètres en Bavière, est de 500 en moyenne.

Les études de M. Veltheim, ancien directeur des établissements du Mansfeld, ont permis d'établir, dans le Rothliegende, trois étages assez nets, surmontés d'une quatrième assise, le *Weissliegende*, qui se rattache intimement au Rothliegende :

L'*étage inférieur*, qui repose immédiatement sur la formation houillère du Harz inférieur, est constitué par des argiles rouge vif que surmontent des grès et un conglomérat quartzeux.

L'*étage moyen* est caractérisé par cinq ou six lits de calvaire alternant avec des argiles marno-sableuses et des conglomérats grossiers. Les calcaires sont, en général, rouges; plus rarement, gris bleuâtres. Ils sont alors grenus, presque cristallins et quelquefois imprégnés de bitume comme les calcaires fétides du Zechstein.

L'*étage supérieur*, qui est le mieux connu, est formé par des grès à grain plus fin, à ciment argileux, et exploité avec succès pour la fabrication des meules et les pierres de construction.

Dans les assises inférieures, on rencontre fréquemment des galets roulés de mélaphyre, qui font place à des galets de quartz laiteux et bientôt à un conglomérat porphyrique formé de galets de quartz laiteux, de porphyre et de fragments de schiste siliceux noir (Phtanite), le tout réuni par un ciment quartzeux qui lui donne une compacité remarquable.

Enfin le *Weissliegende* est une formation de 1 à 2 mètres de

puissance qui recouvre le Rothliegende d'une façon très régulière au mur des schistes cuprifères.

C'est un grès à ciment calcaire d'un aspect presque marneux et de couleur grisâtre. Il renferme fréquemment des galets de quartz, mais il est surtout caractérisé par des imprégnations métalliques qui établissent ainsi la transition entre le Rothliegende et la couche métallifère.

Le *Rothliegende* est pauvre en restes organiques. On peut citer quelques Walchia (Walchia piniformis) et des troncs de calamites (Calamites Gigas) qui permettent de le séparer nettement du terrain houiller.

B. — Le *Zechstein marin* repose, dans les contreforts du Harz et du Thuringer Wald, en stratification discordante, sur les couches des terrains plus anciens : la discordance s'observe notamment entre Mansfeld et Seesen, à Camsdorf, Saalfeld, Ilmenau, etc. On le retrouve ensuite, dans des conditions de gisement identiques, sur les bords des massifs de schistes anciens du bassin du Rhin, près de Stadtberge, en Westphalie et à Frankenberg, dans la Hesse électorale, etc. Les couches triasiques remplissent l'espace compris entre ces divers affleurements du Zechstein qui paraissent se relier en profondeur.

Cette formation du Zechstein peut se subdiviser en deux étages, dont l'inférieur est assez constant d'allure et de composition et renferme la couche des schistes cuivreux. L'étage supérieur est, au contraire, beaucoup plus variable.

*a.* — L'*étage inférieur* comprend, à son tour, quatre termes : la *couche des schistes cuivreux*, le *Dachklotz*, la *Faüle* et le *Zechstein proprement dit.*

1° L'*assise des schistes cuivreux* est un mince ruban noir, de 0m,50 de puissance, imprégné de bitume encore plus régulièrement que de cuivre et dont le faciès est absolument caractéristique sur les pentes du Harz et du Thuringerwald et à Riechelsdorf.

Le minerai y est disséminé en fines parcelles, surtout dans les 10 centimètres de la base, et donne à la cassure un éclat métallique.

C'est tantôt de la pyrite cuivreuse (jaune d'or), tantôt du cuivre

panaché (violet rouge irisé), tantôt du sulfure de cuivre (gr sombre).

On trouve encore de la pyrite de fer, de la galène, de la blend du sulfure d'argent, du nickel arsénical, du cobalt arsénical quelques combinaisons rares de manganèse, de molybdène et d sélénium.

Cette couche de minerai, malgré son peu d'épaisseur, est div sée, particulièrement dans les districts de Hettstädt et de Gerb tedt, en trois zones :

La zone inférieure, de 0,05 à 0,06 de puissance, comprenant l *liegende Schaale*, le *Lochen* et la *Lochschaale;*

La zone moyenne, de 0,10, comprenant le *Schieferkopf* infé rieur et supérieur, la *Kopfschaale* et la *Kammschaale;*

Enfin la zone supérieure, de 0,22 à 0,30, la *Lochberge*, la *Nobe berge* et l'*Oberberge*.

Les assises inférieures de la couche sont généralement les plu riches. Les sulfures y sont disséminés en fine poussière appelé *speise* (nourriture) par les mineurs. En outre, on y rencontre l phillipsite et la chalcosine en filets interstratifiés de l'épaisseu d'une lame de couteau, en enduits sur les cassures transversale ou en rognons et grains isolés. La teneur en cuivre varie d 2 à 3 p. 100. La proportion d'argent, qui atteint au Mansfel 500 grammes aux 100 kilogrammes de cuivre, y rend l'exploita tion fructueuse.

Au milieu du minerai, les débris organiques : *poissons* (Paleo niscus Freieslebeni, Platysomus gibbosus), rameaux et feuilles d l'*Ulmannia Bronni*, etc., sont très abondants. Nous aurons à revenir.

2° Le *Dachklotz* (pierre du toit) se distingue, par sa couleu plus claire, de la couche de schistes. C'est un banc de calcair marneux de $0^m,15$ à $0^m,30$ de puissance, se divisant à l'air en bloc polygonaux, qui contient parfois des minerais et spécialement d petits rognons de galène, mais renferme rarement les inclusion pulvérulentes dites speise.

3° La *Faüle* (pierre pourrie) est un calcaire marneux bleu foncé de $0^m,75$ à 1 mètre de puissance, très fissuré, sans aucune soli dité, et qui crée de grandes difficultés à l'exploitation.

Enfin 4° le *Zechstein proprement dit* est le terme le plus régulier de toute la formation.

Il est constitué par un calcaire compact dont la couleur varie du jaune clair au gris enfumé. Il est divisé en bancs de $0^m,10$ à $0^m,30$ d'épaisseur et se casse en fragments parallélipipédiques, très propres à la construction, couverts de dentrides manganésées.

*b.* — Quant à l'*étage supérieur*, il peut, de son côté, se subdiviser en cinq termes qui sont, de bas en haut : le *Gypse* et l'*Anhydrite*, la *Rauchwacke*, la *Cendre*, le *Rauchstein*, le *Stinkstein*.

1° *Gypse et anhydrite du Zechstein.* — On rencontre, et c'est là un fait important à noter, le sulfate de chaux à tous les niveaux de la formation du Zechstein, tantôt en fragments isolés, tantôt en couches ou en amas ou simplement comme remplissage de fractures dû à la circulation des eaux.

L'albâtre blanc est rare. Le gypse est plutôt de couleur grise et même noire, par suite de son mélange avec le calcaire fétide. On lui donne alors le nom de *Stinkgyps* (gypse fétide).

Partout où l'on a recoupé le gypse, on a trouvé, au centre de la masse, de l'anhydrite. Le passage est parfait de l'une de ces substances à l'autre.

L'anhydrite est grenue et sa couleur varie du blanc au bleu pâle avec des teintes grises intermédiaires provenant de son mélange avec le Stinkstein.

Dans le voisinage des massifs gypseux, on a toujours rencontré de vastes fissures remplies d'eau salée, qui font éprouver de sérieuses difficultés à l'exploitation.

Cette eau salée est le résultat de la dissolution de masses de sel gemme qui constituaient un gisement subordonné au gypse et dont on ne trouve plus que des lambeaux.

2° La *Rauchwacke* qui a quelque importance au S.-O. du Harz et dans la forêt de Thuringe, n'atteint au Mansfeld qu'une puissance de 1 à 2 mètres. Elle est irrégulière et disparaît même entièrement. C'est une formation magnésienne, où la Dolomie compacte d'un gris noirâtre fait place parfois à une marne magnésienne jaunâtre. Nous verrons quel rôle théorique on a voulu faire jouer à cette dolomie.

La texture en est caverneuse avec filets de calcite et parfois

masses sphéroïdales de Limonite ; les fossiles sont les mêmes que ceux du Zechstein proprement dit.

3° La *Cendre* est un calcaire dolomitique marneux, jaune brunâtre, qui recouvre la couche précédente avec assez de constance.

4° Le *Rauchstein*, qui se présente souvent entre la Rauchwacke et la cendre, est de couleur gris noirâtre, de texture caverneuse. On lui donne le nom de *Verhärtete Asche* (cendre durcie).

5° Le *Stinkstein* (calcaire fétide) est constitué par un calcaire dur, feuilleté, d'un gris enfumé. Au contact de l'air, il tombe en plaquettes en prenant une couleur plus claire, et perd son odeur fétide.

Fréquemment, il est recouvert par une couche de marnes bleues passant à des argiles rouges et renfermant des fragments de Stinkstein et de Rauchstein.

En résumé, la coupe est la suivante :

C. Grès bigarré

B. Zechstein
- *b.* — supérieur
  - gypse.
  - stinkstein.
  - rauchstein.
  - cendre.
  - rauchwacke.
  - gypse.
- *a.* — inférieur 5 à 10 m.
  - zechstein proprement dit.
  - fäule (calcaire) : 0,75 à 1 mètre.
  - dachklotz (calcaire marneux) : 0,25.
  - Couche de schistes cuivreux (flötz) : 0,50.
    - supérieure : 0,22
    - moyenne : 0,10
    - inférieure : 0,05 à 0,06

Weissliegende : 1 à 2 mètres.

A. Rothliegende
- supérieur : grès à grains fins avec conglomérats à la base.
- moyen : bancs calcaires, argiles et conglomérats.
- inférieur : argiles rouges et conglomérats.

Houiller.

**Allure de la couche exploitée.** — La couche des schistes cuprifères du Mansfeld présente une surface de 500 kilomètres carrés ; elle est ondulée et la ligne de plissement affecte une largeur de 18 kilomètres. Elle est fermée presque entièrement au Nord, à l'Est et à l'Ouest, et ne se prolonge en profondeur que vers le S.-E., dans la direction de Halle.

L'ensemble forme une sorte de cuvette dont les bords sont relevés et plongent : du côté Ouest, de 5 à 6° vers l'Est; du côté Est, de 10 à 20° vers l'Ouest; du côté Nord, de 5 à 6° vers le Sud.

L'exploitation s'est, jusqu'ici, maintenue dans le Nord, et son axe est sensiblement une ligne passant par Eisleben, Mansfeld et aboutissant à Friedebourg sur la Saale.

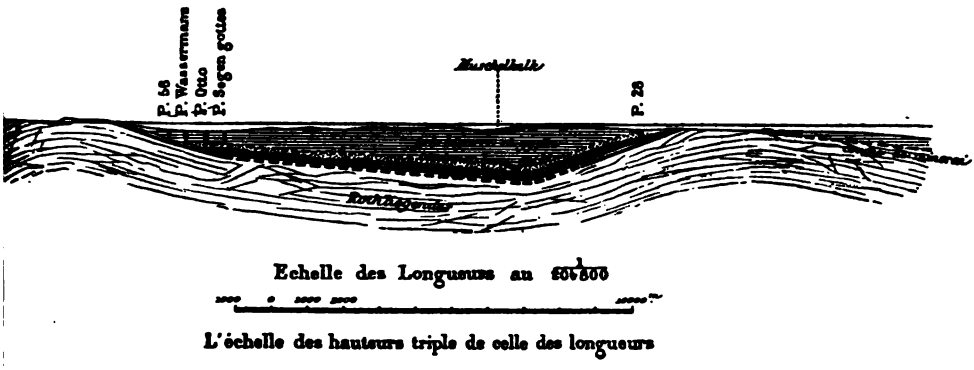



Fig. 229. — Coupe transversale du bassin du Mansfeld.

Plus au Sud, la couche n'est pas assez riche pour être rémunératrice.

On exploite le gîte du Mansfeld depuis l'année 1200 environ; mais, en raison de la grande extension des affleurements (35 kilomètres), on a pu longtemps se maintenir dans le voisinage de la surface. En 1830, on avait à peine atteint 140 mètres de profondeur. Le développement de l'exploitation a fait descendre les travaux actuels entre 200 et 250 mètres de profondeur.

La couche de schistes cuivreux a, d'ailleurs, subi de nombreux rejets par des failles, dont quelques-unes sont restées stériles et dont d'autres, à Riechelsdorf, à Bieber, etc... sont de véritables filons de nickel et cobalt avec gangues de barytine et de calcite[1]. Ces filons minéralisés (dits rücken) sont généralement très irréguliers et occasionnent de forts brouillages; en deux points, à Gerbstädt et à Sangeraüser, on a pu exploiter la smaltine avec

[1] Voir plus haut, page 84.

de la pyrite, de la marcassite et de la phillipsite dans le premier cas; du mispickel, de la chalcosine et de la chalcopyrite dans le second. Au voisinage, la couche cuivreuse est parfois imprégnée de cobalt et nickel.

**Origine du gisement.** — L'origine et le mode de formation des gisements du Mansfeld ont donné lieu à un grand nombre de théories que nous devons résumer ici :

Un premier point sur lequel tout le monde est d'accord, c'est le caractère nettement sédimentaire du gîte. Le cuivre s'est déposé en même temps que les boues marneuses et bitumineuses qui ont formé les schistes encaissants. Il n'a pu arriver postérieurement par quelqu'une des failles qui disloquent la couche; car, alors, on ne le trouverait pas concentré dans une couche unique de $0^m$, 50 d'épaisseur, et il y aurait une augmentation de richesse au voisinage de cette faille. Donc le cuivre se trouvait en dissolution étendue dans l'eau d'un bassin marin et cette eau était en train de s'évaporer, proche de son point de saturation, puisque, peu après le dépôt du cuivre, il s'y est précipité du gypse, du sel et des calcaires imprégnés de sels magnésiens.

En second lieu, on peut admettre que les matières organiques, poissons et plantes, ont joué, pour précipiter le sulfure de cuivre, leur rôle réducteur habituel. Les hydrocarbures contenus dans ces schistes bitumineux, qu'ils proviennent de la décomposition de ces matières organiques ou de salses, ont eu la même action.

Si l'on veut aller plus loin et chercher qu'elle était l'origine du cuivre en dissolution dans l'eau de mer, on sort du domaine des faits précis observables et les hypothèses sont divergentes.

M. Dieulafait en a soutenu une, il y a une dizaine d'années, qui est fort ingénieuse[1]. Il est parti de cette observation que les eaux de la mer renfermaient une faible proportion de tous les métaux, aussi bien d'ailleurs que les terrains sédimentaires et les roches auxquelles ces métaux ont été tout d'abord empruntés. Cette proportion, dans une eau assez concentrée pour déposer du gypse, se

[1] 1879 (C. R., t. LXXXIX et R. Sc.).

trouve décuplée. Dès lors, pour lui, le Mansfeld était, au moment du dépôt des schistes bitumineux, une lagune analogue au Karabogaz[1] et formée d'eaux déjà si saturées[2] que tous les poissons qui s'y trouvaient introduits y mouraient et étaient préservés de la destruction par la salure même. Les hydrocarbures, produits par leur décomposition, ont, en réduisant le sulfate de chaux de l'eau de mer, produit des sulfures qui ont précipité le cuivre et les autres métaux, en particulier le vanadium. Puis, la lagune continuant à se saturer, il s'est déposé, d'abord 4 à 5 mètres de dolomie, c'est-à-dire de calcaire imprégné de sels magnésiens et, aussitôt après, du gypse.

Cette théorie, toute spécieuse qu'elle ait pu paraître à un chimiste, nous semble géologiquement insoutenable.

La couche du Mansfeld, avec ses $0^m,50$ d'épaisseur à 3 p. 100 de cuivre, correspond à une épaisseur de $0^m, 015$ de cuivre métal. En supposant même que les roches formant le pourtour du bassin eussent contenu, en moyenne, $\frac{1}{100.000}$ de cuivre et que le cuivre de toutes les parties érodées par la mer fût entré en dissolution dans l'eau, il faudrait encore, pour en faire venir le cuivre de gisement, admettre une érosion de 1 500 mètres de hauteur sur une surface comparable à celle du bassin lui-même; et, comme cette érosion ne portait en réalité que sur les rivages du bassin, c'est-à-dire sur une superficie infiniment plus faible, on arrive à un cube d'érosions tout à fait invraisemblable.

D'ailleurs le Mansfeld n'est pas la seule région où une mer soit arrivée à saturation ; pourquoi, si, à l'époque permienne, on a quelques types de gîtes de cuivre sédimentaires, n'en a-t-on pas au-dessous des gîtes de sel tertiaires des Carpathes, par exemple; et, d'autre part, le cuivre n'est pas le seul métal dont on puisse constater la présence dans les roches ni surtout le plus abondant. Pourquoi le cuivre domine-t-il sur le zinc et le plomb dans le Mansfeld et pourquoi, d'autre part, trouve-t-on ailleurs des types de gîtes sédimentaires de plomb ne renfermant pas de cuivre?

[1] Voir tome I, page 450.

[2] Le rothliegende du Harz, qui est d'eau douce, n'est pas cuprifère, tandis que celui de Perm qui contient du cuivre, est marin.

Enfin, on a constaté, au Mansfeld, des variations dans la proportion des différents métaux pour lesquelles une autre explication est nécessaire. C'est ainsi que la richesse en argent n'existe que dans l'intérieur du fond de bateau du Mansfeld, alors que la couche de schistes cuprifères est beaucoup plus étendue. De même, il existe des filons postérieurs, contenant du nickel et du cobalt; là on est bien forcé d'admettre une venue de la profondeur, puisque le lessivage des terrains encaissants aurait dû remplir ces fentes principalement de cuivre.

Il nous semble donc beaucoup plus vraisemblable d'admettre, avec von Groddeck, l'arrivée, dans le bassin saturé du Mansfeld, de sources chargées de cuivre auxquelles la mort et la préservation des poissons seraient attribuables.

L'expérience prouve, d'ailleurs, que des sulfures peuvent se former encore de nos jours par des actions semblables de sources minérales. C'est ainsi qu'à Roisdorf, près Bonn, Nöggerath [1] a trouvé, à 2 mètres de la surface, dans un sol tourbeux, des galets roulés de quartz enduits de pyrite de fer, pyrite formée par une source minérale du voisinage chargée de sulfate de soude et de carbonate de fer.

De même, sur la côté de l'île de *Bornholm* [2], Forchammer a observé une formation de pyrites contemporaines. Il existe des sources ferrugineuses sortant de l'oolithe inférieure qui se trouvent en contact avec des fucus dont la souche contient beaucoup de sulfates. Les galets se recouvrent là d'une couche de pyrite qui demeure intacte tant qu'elle est recouverte d'eau salée.

La conclusion à en tirer, c'est qu'il peut très facilement se former des sulfures métalliques au fond de bassins salés, sans même pour cela que les métaux aient été préalablement à l'état de sulfates ; ils ont pu, par exemple, être amenés par des eaux chlorurées. La présence de corps réducteurs semble seule nécessaire ; elle existe dans les gisements de cuivre du Mansfeld, Perm, etc., où l'on rencontre plantes et poissons; dans ceux de stibine d'Arnsberg en

[1] *Neu. Jahr. f. Miner.*, 1836, p. 58.

[2] Voir Bischof. *Lehrb. d. chem. u. physik Geolog.*, 1847, t. I, p. 925.

Westphalie[1] compris dans des couches charbonneuses et bitumineuses, carbonifères; dans ceux de cinabre d'Idria, en relation avec des matières bitumineuses.

**Exploitation.** — Nous terminerons par quelques détails statistiques relatifs aux gisements cuivreux du Mansfeld[2].

*Statistique de la production de schistes cuivreux en tonnes :*

| 1852 | 1879 | 1880 | 1882 | 1885 |
|---|---|---|---|---|
| — | — | — | — | — |
| 62 000 | 375 000 | 395 000 | 490 000 | 500 000 |

*Production du cuivre en tonnes :*

| 1879 | 1880 | 1881 | 1882 | 1883 | 1884 | 1885 | 1886 | 1887 | 1888 | 1889 | 1890 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 8 534 | 9 957 | 11 175 | 11 721 | 12 836 | 12 783 | 12 649 | 12 797 | 13 233 | 13 594 | 15 748 | 16 053 |

*Détail pour l'année* 1880.

| | SCHISTES extraits | DÉPENSES | PRIX DE REVIENT par tonne |
|---|---|---|---|
| | Tonnes | Francs | Francs |
| Districts supérieurs ou d'Eisleben. | 275 000 | 8 570 000 | 31,12 |
| Districts inférieurs ou d'Hettstedt. | 120 000 | 4 430 000 | 37,12 |
| Totaux. . . . . | 395 000 | 13 000 000 | 32,94 |

*Stériles extraits* en 1880 : . . . . . 1 200 000 tonnes.
*Personnel* employé en 1880, aux mines . . 10 000 ouvriers.
— — aux usines . . 3 800 —
Total . . . . . 13 800 ouvriers.

La *population totale* vivant des mines au Mansfeld était, en 1880, de 38 000 personnes.

[1] Voir, plus haut, page 204.

[2] Voir page 220, un tableau de la production du cuivre.

**Traitement des minerais.** — La composition des schistes du Mansfeld est la suivante :

| | PUITS OTTO | PUITS ERNST | PUITS GLUCKHILF |
|---|---|---|---|
| Silice | 38,42 | 33,15 | 29,22 |
| Alumine | 15,93 | 12,90 | 11,76 |
| Chaux | 10,93 | 14,39 | 12,66 |
| Magnésie | 3,53 | 2,32 | 2,25 |
| Acide carbonique | 7,02 | 10,47 | 9,43 |
| Fer | 1,81 | 3,31 | 2,97 |
| Cuivre | 2,01 | 2,90 | 2,88 |
| Argent | 0,015 | 0,016 | 0,021 |
| Soufre | 3,18 | 2,15 | 4,97 |
| Bitume | 14,63 | 9,89 | 17,21 |
| | 97,475 | 91,496 | 91,371 |

La *teneur en cuivre* varie donc de 2 à 3 p. 100. Celle *en argent* est assez fixe à 150 grammes par tonnes.

Les opérations du traitement des schistes sont les suivantes :

1° Grillage des schistes ;
2° Fusion pour matte pauvre ;
3° Grillage de la matte pauvre ;
4° Fusion pour matte pauvre ;
5° Désargentation de la matte deuxième ;
6° Fusion des résidus, affinage, raffinage.

La production du Mansfeld en métaux a été, en 1880 :

| | | |
|---|---|---|
| *Cuivre raffiné*, 1re qualité | 8 934 | tonnes. |
| — 2e — | 785 | — |
| *Argent* | 66 560 | kilogrammes. |

Or, l'extraction du minerai étant, en 1880, de 395 000 tonnes, le rendement moyen industriel est sensiblement 2,46 p. 100.

La valeur produite a été, en 1880, de 12 350 000 fr. de cuivre et 9 980 000 fr. d'argent.

Par contre, le prix de revient est, en moyenne, de 33 francs par tonne ; ce qui fait, pour 39 500 kilogrammes à 33 francs, 12 935 000 francs. Il en résulte que le cuivre ne serait pas exploitable s'il n'était pas argentifère[1].

[1] Voir la bibliographie plus loin, page 344.

# TERRAINS CUPRIFÈRES DE LA HESSE ET DE LA WESTPHALIE

La couche de terrains cuivreux du zechstein, que nous venons d'étudier dans le Mansfeld, se retrouve dans la Hesse et en Westphalie, avec des caractères un peu différents.

A *Frankenberg*, en Hesse, les minerais sont dans une argile calcaire grise à lamelles de mica ayant de $0^m,30$ à $0^m,35$ d'épaisseur. La minéralisation est très intimement liée à la présence de restes de plantes, appelés *graupen ;* l'espèce la plus répandue est l'Ullmannia Bronni (Göppert) (troncs, branches, etc.) ; puis il existe des restes assez fréquents d'araucaria et de fougères. Tous ces restes de plantes sont transformés en une masse qui ressemble à du jais et qui est chargée de galène, de pyrite, de cuivre gris, de cuivre panaché, avec un peu d'argent natif et de l'argent rouge très rare. L'abondance de ces minerais est proportionnelle à celle des plantes et l'on n'en trouve ni au toit ni au mur.

A *Bieber*, en Hesse, le zechstein repose directement sur les micaschistes. La puissance de la couche cuivreuse varie de $0^m,30$ à $1^m,50$. C'est une couche de schistes marneux et bitumineux gris noirâtre en feuillets minces. Les minerais n'y sont pas en sécrétions suivant la stratification, mais en enduits minces sur les parois des fentes (cuivre gris, chalcopyrite, galène et pyrite de fer).

Là, comme dans tout le Mansfeld, il existe des failles assez fréquentes de direction 105 à 135°, qui rejettent les couches, et les failles sont devenues, sur beaucoup de points, des filons métallifères, tandis que d'autres sont restées stériles. Leur remplissage est généralement formé de minerais de cobalt et de nickel avec gangues de barytine ou de calcite, et, dans le voisinage, la couche cuivreuse contient également un peu de cobalt.

Enfin, à *Stadtberg*, en *Westphalie*, les minerais de cuivre, au lieu d'être localisés dans la couche de schistes, se trouvent aussi

dans le zechstein du toit dont la puissance est de 10 à 12 mètres, mais là inexploitables. Dans cette région, schistes cuivreux et zechstein sont traversés par des filons qui sont cuprifères, non seulement dans ces couches, mais dans les niveaux sous-jacents de grauwackes et de schistes siliceux et, au voisinage de ces filons, les terrains inférieurs sont minéralisés. Il est donc possible que nous ayons là un point d'émergence des sources cuivreuses ayant métallisé les terrains ; cependant il est assez difficile de déterminer si ce n'est pas au contraire, comme le suppose Groddeck à qui nous empruntons la description de ce gisement, un produit de recristallisation, dans des fentes, de cuivre emprunté au zechstein.

En France, il existe, dans le *Var*, à peu près au même niveau, un petit horizon cuivreux parfaitement régulier, qui devient plus épais dans les Alpes-Maritimes où il a été exploité. Le cuivre s'y trouve, comme toujours, concentré autour de plantes.

### *Bibliographie du Mansfeld et de la Hesse.*

1808. Schmidt. — Schistes cuivreux de Bieber en Hesse. (*Neues Jahr. f. Miner.*, p. 45.)

Freiesleben. — (*Geognostiche Arbeiten*, t. III.)

1826. V. Veltheim. — Dans *Karsten's Arch.*, 1877, t. XV, p. 89.

1837. Baumler. — Nickelerze im Mansfelder Kupferschiefer. (*Zeit. d. d. geol. Ges.*, p. 25.)

1844. Plumicke. — Dans *Karsten's Arch.*, 1844, t. XVIII, p. 139.

1864. Peltzer et Greiner. — Expl. du schiste cuivreux argentifère au Mansfeld. (*Cuyper*, t. XV, p. 424.)

V. Cotta, p. 106.

1867. Wurtemberger. — Sur les minerais de Frankenberg (Hesse). (*Neues Jahrb. f. Miner.*, p. 10.)

1869. Schrader et Zeuscher. — (*Zeitsch. f. d. Berg. Hutt. u. Sal. im preuss.*, t. XVII, p. 251.)

1879. Groddeck, p. 122 et *passim*.

1879. Dieulafait. — (*Rev. Sc.*)

Erläuterung z. geol. zpecial Karte v. Preussen u. d. Thür Staaten.

1881. Notice imprimée sur les mines du Mansfeld.

1882. Termier. — Mémoire manuscrit à l'Ecole des mines.

1884. Janet. — Mémoire manuscrit à l'Ecole des mines.

## GRÈS PLOMBIFÈRES ET CUPRIFÈRES DE SAINT-AVOLD (TRIAS)

La région comprise entre Sarrelouis et Aix-la-Chapelle renferme d'assez nombreux types de minerais de plomb sédimentaires[1], parfois accompagnés d'un peu de cuivre. Au voisinage de Saint-Avold, le cuivre devient assez abondant dans la couche dite de Hochwald, à la partie supérieure des grès bigarrés. On en retrouve en veines dans les cassures des bancs de grès qui reposent au-dessus. Cependant, il semble bien que la minéralisation soit contemporaine du dépôt de la couche. L'enrichissement, au voisinage des cassures, s'expliquerait par des phénomènes de redissolution. Ces minerais de cuivre, comme ceux de Perm, sont toujours des oxydes, jamais des sulfures comme au Mansfeld; ils se trouvent en inclusions pulvérulentes ou en nodules variant de la grosseur d'un pois à celle d'une noix.

## CUIVRE DU CAUCASE[2]

(KIADEBEK, AKHTALA, TCHAMLOUK, ALLAHVERDI, ARTANE, KATAR)

(*Amas et couches de quartz cuivreux et plombifère en relation possible avec des dacites.*)

Les couches de cuivre tertiaires du Caucase (Akhtala) et du Boléo qu'il nous reste à étudier, semblent, quoique se présentant sous forme stratifiée, présenter une relation très nette avec des roches éruptives récentes. Par un phénomène que nous rencontrerons pour la plupart des métaux, les éruptions tertiaires, en raison de leurs caractères beaucoup plus nets et moins troublés par des actions postérieures, sont de nature à nous faire présumer ce qui a pu se passer dans les temps anciens et nous fournissent un argu-

[1] Nous aurons à y revenir au chapitre du *Plomb*.

[2] Coll. *Ecole des Mines*, 1786.

ment pour combattre les théories hostiles à l'intervention des roches ignées dans la formation des gisements métallifères.

Dans le Sud du Caucase, il existe, en Géorgie, sur les contreforts septentrionaux du petit Caucase, des gisements de cuivre exploités depuis très longtemps par des procédés primitifs et qui, repris récemment par des méthodes vraiment scientifiques, sont peut-être appelés dans l'avenir à un grand développement, bien que le manque de combustible et le caractère accidenté du pays ne permettant d'y établir une industrie qu'en risquant de gros capitaux. Le centre principal est, à l'Est, Kiadébek à 60 kilomètres au Sud-Ouest d'Elisabethpol, appartenant à la Compagnie Siemens qui y a construit une usine importante; on peut, en outre, citer, à l'Ouest, Akhtala à 80 kilomètres au Sud de Tiflis, ayant appartenu à une compagnie française et abandonné momentanément, depuis 1889, malgré la grande richesse des minerais. La difficulté de la mise en valeur des richesses naturelles de ce pays est le manque absolu de voies de communication.

Nous n'avons, sur *Kiadebek*, que des renseignements assez incomplets : il en résulte que le cuivre est dans des amas ramifiés d'une roche quartzeuse[1] avec rognons de pyrite cuivreuse et de cuivre oxydé noir. A la place des quartzites, on trouve souvent, au toit du minerai, des sables quartzeux très friables; souvent aussi, le quartzite est imprégné, jusqu'à une certaine distance du gîte, de cristaux de pyrite. Les deux amas principaux sont ceux d'Esel et de Werner; on en a trouvé, de plus, un troisième; tous trois sont alignés suivant une même direction.

L'amas Esel est formé : au centre, de cristaux de pyrite de fer et de blende cimentés par de la pyrite de cuivre, la proportion totale de cuivre étant de 3 à 5 p. 100; au mur, la teneur en cuivre diminue; au toit, elle augmente jusqu'à 12 p. 100. En outre, il existe des nids de galène avec pyrites de fer et de cuivre.

L'amas Werner est formé de quartz assez régulièrement imprégné de pyrites diverses tenant de 5 à 10 p. 100 de cuivre et accompagné par du gypse. Le prix de revient de la tonne de minerai rendue à l'usine est de 18 fr. 70 environ la tonne.

[1] Cette roche apparaît, au microscope, formée de grains de quartz avec feldspaths, pyroxène, amphibole, mica, etc.

La production était, vers 1880, de 5 à 600 tonnes. En 1890, on a produit 1 134 tonnes à Kiadebek, plus 659 à Halakent et 81 tonnes de cuivre électrolytique.

Sur *Akhtala*, nous sommes beaucoup mieux informés par une note de M. de Morgan, ancien directeur des travaux[1].

La compagnie française possède là trois gisements : ceux d'Akhtala, Allah-Verdi et Tchamlouk situés au pied du mont Lelwar, près de la rivière la Khram, affluent de la Koura, qui se jette dans la Caspienne, et peut-être en relation les uns avec les autres.

Le mont Lelwar a sa base formée de granite recouvert par du jurassique supérieur et du crétacé inférieur. Postérieurement au crétacé, il a été, ainsi que les montagnes voisines, l'Alla-Gheuz et l'Ararat, un centre d'importantes coulées volcaniques qui se sont répandues sur ses flancs.

C'est entre deux coulées de dacite (andésite quartzifère à amphibole et pyroxène) que les gîtes de cuivre paraissent, d'après M. de Morgan, avoir été formés par des épanchements hydrothermaux riches en silice qu'on peut rapprocher de ceux ayant formé le manganèse du Capo-Rosso, le fer de l'île d'Elbe, de la Tafna ou de Tabarka, ou, à une époque plus ancienne, la galène des couches calcédonieuses du Morvan.

Les premiers dépôts, ceux du mur, par un phénomène peut-être analogue à celui de l'amas Esel de Kiadebek, sont pauvres en cuivre; ils sont formés de calcédoine et calcite avec quelques rares mouches pyriteuses. Plus tard, c'est-à-dire dans les couches du toit, les sulfures augmentent d'importance et constituent dans la masse quartzeuse, une imprégnation de chalcopyrite, pyrite de fer, blende et galène avec un peu de barytine et de gypse. A la fin de l'épanchement, il paraît être arrivé, dans certains gîtes, une coulée surtout plombeuse tenant des traces d'argent et d'or (Tchamlouck, Akhtala[2]).

[1] Les résultats de ce travail ont été discutés; les gisements ont été considérés, par d'autres géologues, comme des amas filoniens.

[2] A Saint-Avold on trouve aussi le cuivre (Hochwald) au-dessous du plomb (Castelberg, Bleiberg); de même, dans l'ensemble, le cuivre (permien) paraît être venu généralement avant, c'est-à-dire à une température plus chaude, que le plomb (triasique).

Ces quartz métallifères ont été recouverts par une nouvelle coulée de dacite qui semble les avoir surpris avant leur consolidation; car le toit des nappes quartzeuses présente de très fortes ondulations. Puis sont venus, au-dessus, des basaltes.

Quelques failles ont disloqué les couches, et des érosions ont mis à jour, en divers points, la nappe métallifère qu'il est ainsi possible d'exploiter à ciel ouvert.

Si nous entrons dans le détail, à Akhtala, les minerais sont concentrés au toit du gîte et forment deux étages bien distincts: l'inférieur chargé de sulfures (pyrite, chalcopyrite et phillipsite), d'une épaisseur variant entre 0,50, et 4,50; d'un teneur moyenne de 12 p. 100; le supérieur, séparé du premier par un lit de quartz, renfermant des galènes, des blendes et des pyrites cuivreuses parfois argentifères.

Le gîte de Tchamlouk diffère du précédent par la présence de bancs épais de gypse et par l'absence de galènes pures.

Enfin, à Allahverdi, les parties minéralisées sont beaucoup plus épaisses et l'on a exploité les affleurements d'une couche continue ayant jusqu'à 16 mètres d'épaisseur moyenne.

L'exploitation, reprise vers 1886 par une société française, a eu un moment de développement; après quoi, on a dû l'interrompre de nouveau. La fusion pour mattes s'y faisait dans un waterjacket chauffé par des résidus de pétrole (80 francs la tonne) et la transformation de la matte en cuivre métallique par le procédé Manhès.

La main-d'œuvre est, dans ce pays, presque exclusivement grecque, sauf quelques ouvriers piémontais pour diriger. Le Italiens reviennent à 4,30 par jour, les Grecs à 2,50.

Le transport à Tiflis se fait actuellement par fourgons attelés de chevaux et de mulets et coûte de 20 à 25 francs par tonne.

*Bibliographie.*

1878. Richesses minérales de la Russie, p. 117.

1885. Le cuivre en Transcaucasie. (*Ann. d. M.*, 1885. *Bulletin*, p. 535.)

* 1888. DE MORGAN. — Conférence sur les mines d'Akhtala.

1892. LEPROUX. — Gisements minéraux du Caucase. (*Ann. d. M.*, 9e, t. II, p. 510.)

## CUIVRE DU BOLÉO (BASSE CALIFORNIE[1])

Le gîte cuprifère du Boléo est situé sur la côte Est de la basse Californie, sur le golfe de Californie, en face le port de Guaymas (rive mexicaine) où aboutit le chemin de fer de la Sonora communiquant avec les lignes des États-Unis.

La région du Boléo forme un vaste plateau presque horizontal, légèrement incliné vers la mer, découpé par quatre grands ravins et surmonté par quelques rares pitons isolés. Elle est géologiquement constituée d'un certain nombre d'assises très régulières de tufs et de conglomérats trachytiques, andésitiques ou labradoriques, avec intercalations de couches cuivreuses. A l'Ouest, ces couches s'appuient sur une double chaîne discontinue, parallèle à la côte,

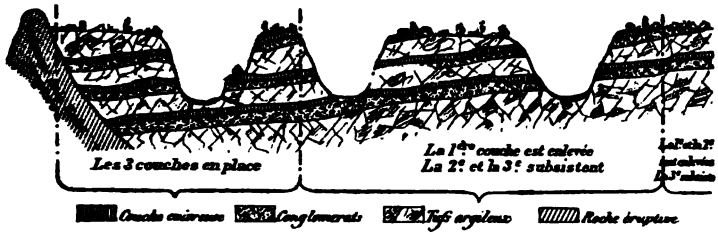



Fig. 230. — Coupe schématique de la région cuivreuse du Boleo (d'après M. Fuchs.

de trachytes peu acides voisins des dacites, et l'ensemble de la formation est recouvert par une puissante coulée de lave basaltique à péridot.

Si nous entrons dans le détail, nous avons à décrire les tufs, les conglomérats et les couches cuivreuses.

Les *tufs* sont argileux et légèrement feldspathiques avec de fines paillettes de mica ; leur couleur varie du gris jaunâtre au rose vif. La cristallinité semble diminuer de bas en haut et augmenter au voisinage des pitons trachytiques. Pour M. Fuchs, ces couches représentent des éruptions boueuses sous-marines dont

[1] Coll. *École des Mines*, 1960. Voir la carte géologique de l'Amérique du Nord, t. I, p. 73. Ce paragraphe est le résumé d'un mémoire publié par M. Fuchs.

l'intensité a été en s'atténuant avec le temps. Les couches supérieures contiennent quelques fossiles miocènes d'espèces littorales.

Les *conglomérats* sont formés de fragments roulés de roches éruptives ; ils se présentent à quatre niveaux seulement et, sauf le plus élevé, sont tous surmontés par une des couches cuivreuses. Dans le conglomérat inférieur, les fragments sont formés de dacites et de labradorites; dans le deuxième et le troisième, de roches plus riches en silice, de trachytes avec quelques rhyolites exceptionnelles; enfin, dans le conglomérat supérieur, on retrouve des roches basiques, des basaltes accompagnés de phonolite et d'obsidienne.

Le *cuivre* se présente dans trois couches, l'inférieure de $0^m,60$ à 3 mètres, la deuxième de $0^m,80$ à $2^m,30$, la supérieure en moyenne de 1 mètre. Il est à peu près exclusivement sous forme de minerais oxydés, tantôt isolés, tantôt associés ou combinés avec le fer, le manganèse, l'acide carbonique, parfois la silice.

C'est l'oxyde noir et l'oxydule de cuivre, avec un peu d'atacamite ($CuCl + 3CaO + 3HO$), puis l'azurite, la malachite, le chrysocole (hydrosilicate), la crednérite ($2Mn^2O^3 3CuO$), la chlorite cuivreuse, etc. Ces minéraux sont enveloppés dans une gangue d'argile tufacée d'un gris lilas assez clair, renfermant de 0,1 à 6 p. 100 de chlorure de sodium, avec un peu de carbonate et de sulfate de chaux. Ils sont en mouches, en veinules ou en petites boules oolithiques et présentent toujours une concentration vers la base où le minerai forme un lit compact atteignant 15 à 20 centimètres.

La couche supérieure est la moins importante et a été peu explorée.

La seconde couche est particulièrement riche en silice, surtout dans le voisinage d'une grande faille située à l'Ouest dont la formation paraît avoir été suivie d'une venue hydrothermale. C'est là surtout qu'on trouve le minerai de cuivre sous une forme particulièrement recherchée à cause de sa richesse, à l'état d'oolithes d'oxyde et de carbonate atteignant plusieurs centimètres de diamètre et appelées *boléos*.

Ces boléos, irrégulièrement disséminés dans le tuf et faciles à séparer par un criblage à sec, tiennent de 25 à 40 p. 100 de cuivre.

Enfin la couche inférieure contient la plus grande variété de

minéraux, en particulier deux sulfures (chalcosine et covelline), qui apparaissent au-dessous du niveau hydrostatique des eaux et dont il faut peut-être rapprocher d'importants amas de gypse situés au Nord-Est de la région métallifère et considérés comme du même niveau.

L'analyse moyenne des minerais de toutes les mines a donné :

| | MINE de l'Olvido | MINE Sontag | MINE Prosperidad | MOYENNE |
|---|---|---|---|---|
| Silice | 23,00 | 16,30 | 28,00 | 22,00 |
| Alumine | 10,60 | 7,00 | 14,30 | 10,50 |
| Peroxyde de fer | 12,00 | 8,00 | 4,00 | 8,65 |
| Oxyde rouge de manganèse | 9,66 | 24,00 | 7,00 | 14,75 |
| Carbonate de chaux | » | 4,00 | 2,00 | 1,85 |
| Sulfate de chaux | 0,55 | » | 1,30 | 0,55 |
| Oxyde de plomb | traces | » | » | traces |
| Oxyde de zinc | 6,60 | » | 1,20 | 0,60 |
| Oxyde de cuivre | 26,60 | 15,83 | 19,00 | 18,45 |
| Chlorure de sodium | 6,40 | 0,20 | 0,83 | 2,20 |
| Perte par calcination | 10,00 | 24,00 | 22,00 | 19,55 |
| Total | 99,41 | 99,33 | 99,63 | 99,10 |
| Cuivre métallique | 21,18 | 12,66 | 15,20 | 15,00 |

La *géogénie* du gisement a été résumée par M. Fuchs de la manière suivante :

Vers l'époque éocène aurait eu lieu l'éruption des trachites qui forment l'ossature de la presqu'île californienne.

A ce moment, la région actuelle du Boléo aurait été occupée par une mer peu profonde où se seraient produits, à quatre époques successives, des affaissements caractérisés par les bancs de conglomérats à gros blocs intercalés, à quatre niveaux, dans la formation.

La preuve de ces affaissements se trouve : d'une part, dans l'inclinaison générale des couches vers la mer et, d'autre part, dans ce fait qu'il y a une légère discordance de stratification entre les diverses couches, l'inclinaison allant en augmentant très sensiblement du sommet à la base. Une grande fracture parallèle au rivage, qui coupe les terrains à l'Ouest, paraît en relation avec ces mouvements et a servi de passage à des eaux riches en quartz, qui ont silicifié les roches au contact.

D'après M. Fuchs, il faudrait voir, dans les trois gîtes cuivreux régulièrement superposés aux trois conglomérats inférieurs et dans les tufs qui les accompagnent, le résultat d'épanchements boueux sous-marins ayant succédé à chacune de ces dislocations et étant montés à la surface par les fractures qu'ils avaient produits.

L'exploitation de ce gisement, qui date de 1884 seulement, est dans sa période ascendante mais n'a pas réalisé toutes les espérances qu'on avait d'abord conçues ; cependant la production a déjà dépassé 3 500 tonnes de cuivre par an. La difficulté est la nécessité d'importer des ouvriers assez chèrement payés (5 à 7 francs par jour, jamais au-dessous de 4 francs pour les Indiens). Le traitement métallurgique se fait sur place dans des water-jackets. L'épuisement rapide des minerais siliceux, qu'on avait d'abord rencontrés, a causé, de ce côté, quelques déboires. On songe à installer, pour les minerais pauvres, des appareils de cémentation.

### *Bibliographie.*

1882. Fuchs. — Note sur les gisements de cuivre du *Boleo*. (*Association française pour l'avancement des Sciences*, t. XIV, p. 410. Grenoble, 1882.)

1885. de la Bouglise et Cumenge. — Etude sur le district cuprifère du *Boleo*.

* 1885. Ed. Fuchs. — Sur le gisement de cuivre du *Boleo*. (*B. S. G.*, 3e série, t. XIII, p. 545.)

Sur le Boléo. (*Génie civil*, t. XI, n° 7, p. 105.)

### *Bibliographie générale du cuivre*[1].

1844. Stobieski. — Filons de cuivre pyriteux dans le jurassique de la *Drôme*. (*B. S. G.*, 2e t. II, p. 40.)

1852. Ville. — Mines de cuivre de l'Ouest de la prov. d'*Oran*. (*B. S. G.*, 2e, t. IX, p. 379.)

1853. Jackson. — Mines de cuivre et de houille de la *Caroline du Nord* (Etats-Unis). (*B. S. G.*, 2e, t. X, p. 505.)

1854. Julius Juhos. — Trait. métal. des miner. de cuivre gris à *Stephaushütte* (Hongrie). (*Ann. d. M.*, 5e, t. VII, p. 53.)

1854. Delesse. — Mines de cuivre du Cap de *Bonne-Espérance*. (*Ann. d. M.*, 5e, t. VIII, p. 186.)

1855. Mines de Cobija en *Bolivie*. (*Ann. d. M.*, 5e, t. XI, p. 695.)

[1] Généralités et gîtes non décrits.

1855. Gite de cuivre dans la colonie portugaise d'*Angola*. (*Ann. d. M.*, 5e, t. X, p. 615.)

1857. Gauldrée Boileau. — Mines près d'Acton, prov. de Montréal (*Canada*). (*Ann. d. M.*, 5e, t. XVII, p. 51.)

1858. Gauldrée Boileau. — Nouveaux gisements de cuivre au *Canada*. (*Ann. d. M.*, 5e, t. XIX, p. 489.)

1858. Delanoüe. — Cuivre carbonaté dans la craie d'*Angoulême*. (*B. S. G.*, 2e, t. XV, p. 314.)

1864. Mines de cuivre de la *Californie*. (*Bull. Ann. d. M.*, 6e, t. IX, p. 632.)

1865. Mines de cuivre de la *République Argentine*. (*Bull. Ann. d. M.*, 6e.)

1866. Mines de cuivre du Cap de *Bonne-Espérance*. (*Bull. Ann. d. M.*, 6e, t. X, p. 602.)

1866. Reck. — Mines des hauts plateaux de *Bolivie* et mines d'argent de Potosi.

1868. Mines de cuivre, fer et cobalt de *Kamsdorf* (Saxe). (*Cuyper*, t. XXIII, p. 286.)

1874. Jannetaz. — Minerais de cuivre de la *Nouvelle-Calédonie*. (*B. S. G.*, 3e, t. III, p. 54.)

1874. Marschall. — On a visite to the *Connonee* Copper mine. (*Edimburg geol. soc.*, t. II, 3e part., p. 282.)

1874. Higgs. — On the copper mines of Alderley Edge (*Cheshire*). (*Trans. of the geol. soc. of Cornwall*, t. VII, p. 325.)

1875. Lodin. — Mines du comitat de *Zips* (Hongrie).

Flory. — Mines de cuivre de *Camperucho* (Colombie).

1877. Boulangier. — Un gîte de cuivre en *Auvergne* (Agnat et Azerat). (*Ind. min.*, 12 juil.)

1877. Henry. — Gites de cuivre gris. (*Ind. min.*, 14 juil.)

1879. Dieulafait. — Diffusion du cuivre dans les roches primordiales et les dépôts sédimentaires qui en procèdent. (C. R., t. LXXXIX, p. 453.)

1881. Willimott. — Sur quelques mines de la prov. de *Québec*. (*Comm. géol. et d'hist. nat. au Canada.*)

1882. Mallet. — On a copper mine lately opeened near Yongri Hill in the *Darjiling* district. (*Records of the geological Survey of India*, t. XV, p. 56.)

1883. Firket. — Découverte de la Chalcopyrite à *Mood-Fontaine* (Rahier). (In-8°, 3 p. *Extr. des Ann. de la Soc. géol. de Belgique.*)

1883. Bero. — Zinc et cuivre aux *Etats-Unis*. (*Cuyper*, t. II, p. 129.)

1885. Lindstroem. — Analys af elt Kopparmineral fräu *Sumerskog*. (*Foerhandlinger de geologiska foereningens i Stockholm*, t. VII, p. 678.)

188 . Garlands. — Copper mining at Tilt cove (*New foundland*). (*Transactions of the royal geological Society of Cornwall*. Penzance.)

1886. Becher. — On some cupriferous shales in the Province of Hou-peh. *China*. (*The quat. J. of the geol. Soc. of London*, t. XXIII, p. 494. Londres.)

1887. Le cuivre au *Japon*. (*Ann. d. M.*, 1887, p. 531.)

1888. Edgemorth David. — Cupriferous shales in permian rocks. (*Transactions of the geological Society of Australasia*. Melbourne, 1888.)

---

# ZINC

$Zn$; $Eq = 32{,}5$ — P. $at = 65$

## USAGES ET STATISTIQUE

Le zinc est un métal dont les emplois, généralement assez récents, tendent à se développer d'une manière progressive. On ne croit pas qu'il ait été connu des anciens, quoi qu'on ait su, dès l'époque athénienne, obtenir directement du laiton. C'est Albert le Grand, au XIII^e^ siècle, qui paraît le premier en avoir fait mention et, jusqu'au XVIII^e^ siècle, il était uniquement importé de Chine où on le distillait par une méthode spéciale dite *per descensum*[1]. Au XVIII^e^ siècle, on établit quelques usines en Angleterre et, vers 1798, en Silésie. Enfin, en 1803, l'abbé Dony découvrit le procédé belge et Mosselmann, continuant son œuvre, fonda la grande industrie belge du zinc. Depuis cette époque, sa consommation s'est constamment accrue. En 1809, Héron de Villefosse l'évaluait à 7 750 tonnes ; en 1881, elle était de 260 000 tonnes[2] ; en 1890, de 360 000 tonnes.

Les principaux *emplois du zinc* sont fondés : 1° sur son peu d'altérabilité à l'air ; 2° sur la possibilité de le réduire en feuilles très minces[3]. Aussi s'en sert-on beaucoup pour la couverture des toits, les gouttières et la fabrication d'ustensiles domestiques.

[1] Aujourd'hui la Chine et le Japon sont de très grands consommateurs de zinc.

[2] (Voir Lensberg, Dinglers polytecthn. Journal, CCLVI p. 346.)

[3] On obtient, en Silésie, par le laminage, des feuilles de zinc de $0^{mm},025$ qui trouvent un débouché dans la fabrication des jouets de Nuremberg, des harmonicas, etc. A Angleur (Belgique) les épaisseurs varient entre $0^{mm},1$ et $2^{mm},6$.

Il doit cependant être proscrit des vases culinaires; car il est attaqué, surtout à chaud, par le sel de cuisine, l'acide acétique, etc... et donne alors des produits vénéneux.

La facilité avec laquelle on peut le mouler permet de s'en servir pour divers objets d'ornementation qui, recouverts de cuivre par galvanoplastie ou simplement vernis, s'efforcent d'imiter économiquement les bronzes d'art.

On utilise une quantité de zinc assez forte pour la fabrication du laiton, du maillechort, de divers bronzes, pour les piles, pour la désargentation du plomb par Pattinsonage ; on a recommandé son emploi pour empêcher le dépôt du tartre dans les chaudières[1].

La marine en consomme pour obtenir de l'eau douce par voie galvanique. L'imprimerie zincographique demande également du zinc en feuilles très planes.

Il est encore employé dans les laboratoires, pour préparer l'hydrogène ; dans l'industrie chimique, pour la réduction de l'indigo en présence de la chaux ; pour la préparation des hydrosulfites ; pour la fabrication du blanc de zinc (qui couvre moins que la céruse mais a l'avantage de ne pas noircir par les émanations sulfurées); pour la composition de divers produits pyrotechniques, etc.

Mais l'usage de beaucoup le plus important du zinc, ce sont les toitures, où on l'adopte, de plus en plus, de préférence au plomb; il présente, en effet, entre autres avantages, celui qu'en cas d'incendie il ne coule pas, comme le plomb, en rigoles, mais se vaporise assez rapidement. Cependant, dans cette application, on a rencontré, au début, quelques difficultés; lorsque les toitures de zinc étaient fixées par du fer sur des traverses de chêne, il se formait, en effet, sous l'action de l'acide pyrogallique du chêne, une pile intense qui rongeait le zinc; le remède a été de les fixer sur du sapin avec des clous zingés[2].

L'*industrie du zinc* se présente dans des conditions tout à fait spéciales ; l'habileté professionnelle des ouvriers entre comme un facteur tellement important dans sa métallurgie qu'elle s'est

[1] P. Lesueur. *Ann. de chim. et de phys.*, 5e série, t. VI, p. 136.

[2] Le zinc pour toiture est façonné en feuilles planes ou en feuilles ondulées et généralement expédié (jusqu'à une épaisseur de $1^{mm},2$) en rouleaux dans des tonneaux de bois.

trouvée longuement concentrée et monopolisée en un très petit nombre de centres (la Silésie, Liège, Swansea), et que les efforts pour la développer ailleurs de toutes pièces ont souvent échoué. C'est ainsi que, dans le midi de la France, on a fait, il y a quelques années, une tentative intéressante pour établir une usine à zinc au Bousquet-sur-l'Hérault. L'usine avait été acquise par un des grands propriétaires de la Silésie ; il fit venir des équipes d'ouvriers de ses usines, employa les mêmes méthodes, etc... Après beaucoup d'efforts, on arriva à des résultats à peu près normaux comme production par four et par jour, et comme consommation de charbon ; on eut toujours des pertes inadmissibles sur la teneur et des dépenses exagérées en terres réfractaires et en main-d'œuvre... Le résultat de l'expérience fut qu'il était plus avantageux de transporter les minerais à Liège que de les fondre sur la mine [1]. La raison de ce fait est dans les pertes de zinc très considérables et facilement variables avec l'habileté des ouvriers qu'occasionne la métallurgie de ce métal. Ces pertes, qui étaient en 1865, en Belgique, de 35 p. 100, sont encore aujourd'hui de près de 20 p. 100.

Dans le traitement, la teneur initiale des minerais joue un très grand rôle ainsi que la nature des impuretés contenues. Aussi des variations fréquentes dans la composition sont-elles une gêne notable et peuvent-elles déprécier un gisement. Il y a lieu de connaître notamment la proportion de carbonate et de silicate de zinc, de plomb, de peroxydes de fer et de manganèse, de chaux et de magnésie.

L'*achat des minerais de zinc* est souvent réglé par les formules suivantes :

$$\text{Calamines} \ldots\ldots\ldots \quad V = 0{,}95\ P \times 0{,}8\ T - F.$$
$$\text{Blendes} \ldots\ldots\ldots \quad V = 0{,}95 P\ (0{,}8\ T - 1) - F.$$

où V représente la valeur ; P le prix du zinc brut au cours du jour ; T la teneur du minerai marchand ; F (variable de 60 à 80

[1] Cependant il existe, dans le Nord et l'Aveyron, un certain nombre d'usines à zinc ; ainsi Auby dans le Nord, Viviers et Panchot dans l'Aveyron appartenant à la Société de la Vieille-Montagne. Ces dernières usines traitent surtout des minerais de Sardaigne, de Grèce, etc. : Viviers fait la distillation, Panchot le laminage. A Saint-Amand, dans le Nord, il s'est formé vers 1891, une usine spéciale pour la distillation des vieux zincs. L'Autriche et la Russie ont également quelques usines à zinc, etc...

francs) les frais de transport à l'usine et de traitement déterminés dans chaque cas. Le facteur 0,95 est destiné à assurer un bénéfice de 5 p. 100 au fondeur; 0,8 à tenir compte de la perte moyenne au traitement qui est de 20 p. 100. Ces formules peuvent être figurées par des graphiques donnant, pour chaque teneur, dans une usine donnée, le prix maximum à payer. On stipule d'ailleurs, en outre, certaines conditions relatives aux diverses impuretés.

Les frais de traitement F, variables suivant les usines, sont particulièrement faibles en Silésie, en raison du bas prix du charbon (5 à 8 francs la tonne à l'usine), du bon marché de la main-d'œuvre et surtout de l'habileté des ouvriers. Ils s'élèvent environ à 20 francs en Belgique, tandis que, dans l'Hérault où, proportionnellement, ils auraient dû être de 48, ils ne sont jamais descendus au-dessous de 80 et même 100 francs.

Deux tableaux ci-joints (p. 359 et 360), résument, d'après la statistique internationale française, la *production de minerais de zinc* et de *zinc métal* dans le monde de 1880 à 1890.

Les *pays producteurs de zinc* sont, dès lors, par ordre d'importance, les suivants :

PRODUCTION DE MINERAIS DE ZINC

| | 1889 | 1890 |
|---|---|---|
| Prusse (Silésie et province du Rhin) . . | 708 000 t. à 31 francs. | 758 000 t. à 38 francs. |
| Etats-Unis . . . . . | ? | ? |
| Italie (Sardaigne) . . | 97 000 t. à 85 — | 110 926 t. à 110 — |
| Espagne (Santander-Carthagène). . . . | 74 000 t. à 26 — | 74 000 t. |
| France et Algérie. . . | 46 000 t. { 34 000 à 105 fr. / 12 000 à 85 fr. | 61 000 t. à 100 — |
| Suède (Ammeberg) . | 59 000 t. | 59 000 t. — |
| Russie . . . . . | 46 000 t. | 46 000 t. |
| Grèce. . . . . | 43 000 t. | 43 000 t. |
| Autriche . . . . . | 30 000 t. à 36 francs. | 33 000 t. à 42 — |
| Grande-Bretagne . . | 23 000 t. à 103 — | 22 400 t. à 123 — |
| Belgique . . . . . | 21 000 t. à 61 — | 15 000 t. à 80 — |
| | 1 123 000 tonnes. | 1 211 000 tonnes. |

## PRODUCTION DES MINERAIS DE ZINC

QUANTITÉS EN TONNES. — VALEURS DE LA TONNE EN FRANCS

| ANNÉES | FRANCE | | ILES BRITANNIQUES | | PRUSSE | | AUTRES PAYS ALLEMANDS | | BELGIQUE | | AUTRICHE | | ITALIE | | SUÈDE | RUSSIE | ESPAGNE | | TOTAL APPROXIMATIF du monde entier |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Tonnes | Fr. | Tonnes | Fr. | Tonnes | Fr. | Tonnes | Fr. | Tonnes | Fr. | Tonnes | Fr. | Tonnes | Fr. | Tonnes | Tonnes | Tonnes | Fr. | Tonnes |
| 1880 | 12 139 | 32 | 27 961 | 89 | » | » | 1 100 | 24 | 38 805 | 58 | 19 389 | 28 | 76 089 | 58 | 43 452 | » | 50 641 | 31 | 1 030 981 |
| 1881 | 13 368 | 30 | 36 060 | 77 | 659 000 | 18 | 300 | 70 | 23 553 | 51 | » | » | » | » | 43 800 | » | 42 911 | 37 | 1 055 977 |
| 1882 | 10 172 | 34 | 31 736 | 77 | 693 369 | 21 | 1 400 | 47 | 20 368 | 35 | 27 340 | 33 | 93 000 | 50 | 46 000 | 97 000 | 57 000 | 34 | 1 078 417 |
| 1883 | 7 200 | 34, 5 | 30 000 | 77 | 677 000 | 16 | 1 000 | 49 | 21 000 | 36 | 25 360 | 37 | » | » | 45 300 | 83 000 | 54 000 | 26 | 1 114 000 |
| 1884 | 7 400 | 31 | 26 000 | 72 | 632 000 | 15 | 1 000 | 49 | 27 600 | 37 | 29 000 | 31 | 104 974 | 60 | 45 000 | 28 000 | 50 000 | 26 | 1 043 000 |
| 1885 | 10 300 | 60 | 25 000 | 68 | 680 000 | 14 | 600 | 30 | 18 000 | 38 | 29 500 | 26 | 107 887 | 62 | 49 000 | 45 000 | 45 500 | 26 | 1 032 000 |
| 1886 | 17 300 | 60 | 83 500 | 68 | 704 000 | 13 | 600 | 32 | 19 000 | 40 | 23 600 | 22 | 107 548 | 64 | 50 000 | 38 000 | 40 000 | 29 | 1 077 000 |
| 1887 | 13 000 | 52 | 26 000 | 74 | 900 000 | 14 | » | » | 21 000 | 43 | 21 300 | 24 | 93 000 | 67 | 46 000 | » | 43 000 | 25 | 1 272 000 |
| 1888 | 29 500 | 66, 5 | 26 800 | 91 | 667 000 | 25 | 1 000 | 24 | 25 000 | 46 | 26 300 | 33 | 87 000 | 82 | 50 000 | 46 000 | 74 000 | 26 | 1 040 000 |
| 1889 | 46 600 | 100, 0 | 23 600 | 103 | 708 000 | 31 | 1 300 | 31 | 21 000 | 61 | 30 000 | 35 | 97 000 | 85 | 59 000 | » | » | » | 1 123 000 |
| 1890 | 61 000 | 100, 0 | 22 400 | 123 | 758 000 | 38 | » | » | 15 000 | 80 | 33 000 | 42 | 110 926 | » | » | » | » | » | 1 211 000 |

## PRODUCTION MÉTALLURGIQUE DU ZINC

QUANTITÉS EN TONNES. — VALEURS DE LA TONNE EN FRANCS

| ANNÉES | FRANCE | | ILES BRITANNIQUES | | PRUSSE | | SAXE | | BELGIQUE | | AUTRICHE | | RUSSIE | ESPAGNE | | ÉTATS-UNIS | | TOTAL APPROXIMATIF du monde entier |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Tonnes | Fr. | Tonnes | Fr. | Tonnes | Fr. | Tonnes | Fr. | Tonnes | Fr. | Tonnes | Fr. | Tonnes | Tonnes | Fr. | Tonnes | Fr. | Tonnes |
| 1880 | 16 232 | 447 | 7 269 | 429 | » | » | » | » | 58 826 | 433 | » | » | » | 4 221 | 422 | » | » | 190 940 |
| 1881 | 18 509 | 401 | 15 871 | 420 | » | » | 140 | 370 | 69 800 | 383 | 4 119 | 430 | » | 7 032 | 416 | 25 000 | » | 247 071 |
| 1882 | 18 525 | 400 | » | » | 113 271 | 390 | 140 | 413 | 72 947 | 387 | 4 791 | 406 | 4 470 | 7 300 | 417 | 30 624 | » | 261 197 |
| 1883 | 15 900 | 390 | 33 000 | 403 | 116 000 | 355 | 210 | 357 | 75 400 | 363 | 4 540 | 400 | 3 670 | 6 800 | 427 | 30 600 | 617 | 309 000 |
| 1884 | 16 900 | 391 | 23 000 | 385 | 125 200 | 335 | 90 | 350 | 77 500 | 344 | 4 500 | 386 | 4 320 | 4 300 | 564 | 35 000 | 507 | 314 000 |
| 1885 | 15 100 | 381 | 18 000 | 371 | 129 000 | 330 | 190 | 322 | 80 000 | 418 | 4 000 | 334 | 4 000 | 4 200 | 530 | 37 000 | 495 | 314 000 |
| 1886 | 16 100 | 364 | 13 000 | 390 | 131 000 | 324 | » | » | 79 000 | 340 | 3 800 | 407 | 4 000 | 4 300 | 553 | 39 000 | 500 | 317 000 |
| 1887 | 16 700 | 363 | 20 000 | 390 | 130 000 | 346 | 30 | 352 | 80 500 | 301 | 3 600 | 498 | 3 600 | 5 300 | 643 | 45 700 | 530 | 330 000 |
| 1888 | 17 000 | 406 | 20 000 | 469 | 133 000 | 403 | 180 | 422 | 80 500 | 429 | 4 000 | 537 | 6 400 | 5 100 | 643 | 50 700 | 558 | 344 000 |
| 1889 | 18 000 | 470 | 19 400 | 507 | 136 000 | 446 | » | » | 82 500 | 465 | 4 800 | 560 | » | » | » | 58 000 | 550 | 368 000 |
| 1890 | 19 000 | 510 | 23 000 | 587 | 139 000 | 551 | » | » | 82 700 | 558 | 5 500 | 659 | » | » | » | » | » | » |

La production de zinc métal se répartit ainsi :

| | 1889 | | 1890 | |
|---|---|---|---|---|
| Prusse (Silésie et province du Rhin). . . | 136 000 t. | à 446 francs. | 139 000 à 551 | francs. |
| Belgique . . . . . | 82 500 | 463 — | 82 700 à 558 | — |
| États-Unis. . . . . | 58 000 | 550 — | 58 000 à 550 | — |
| Grande-Bretagne . . | 19 400 | 507 — | 23 000 à 587 | — |
| France . . . . . | 18 000 | 480 — | 19 000 à 510 | — |
| Espagne . . . . . | 5 100 | 643 — | ? | |
| Autriche . . . . . | 4 800 | 566 — | 5 500 à 659 | — |
| Russie (Pologne) . . | 6 400 | | ? | |

Nous allons passer successivement en revue les divers pays producteurs de minerais de zinc.

En *Allemagne*, le principal centre de production du zinc est la haute Silésie autour de Beuthen, Tarnowitz[1], etc.

En 1887, 34 mines y étaient exploitées et ont produit : 490 790 tonnes de calamine (contre 449 374 en 1876), avec 193 826 de blende, 28 580 tonnes de galène et 2 930 tonnes de pyrite. Elles occupaient 7 423 hommes et 2 672 femmes. 22 usines ont produit 82 640 tonnes de zinc, 7 321 kilogrammes de cadmium et 827 tonnes de plomb en employant 4 513 hommes et 1 592 femmes. En 1890, la production de zinc à atteint près de 89 000 tonnes.

Le reste de la production allemande est fourni par :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Prov. du Rhin . . . . . | 56 428 t. | de minerai | en 1881 |
| Westphalie (30 mines). . . . . | 30 320 | — | — |
| Nassau (7 mines). . . . . | 13 245 | — | — |
| Hanovre (2 mines) . . . . . | 5 731 | — | — |

Cette production a fortement augmenté dans ces dernières années. En 1872, elle n'était que de 419 543 tonnes.

Les *Etats-Unis* sont devenus, depuis 1875, un centre de production du zinc de plus en plus important[2].

La production de métal se divise entre les régions de la manière suivante :

[1] Voir plus loin, page 449.

[2] Voir Mineral Resources de 1890, p. 89, un mémoire de C. Kirchhoff.

PRODUCTION DU ZINC AUX ÉTATS-UNIS DE 1882 A 1890 (EN TONNES), PAR ÉTATS

| ÉTATS | 1882 | 1883 | 1884 | 1885 | 1886 | 1887 | 1888 | 1889 | 1890 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Illinois . . . . . | 16 506 | 15 241 | 15 958 | 17 620 | 19 117 | 20 207 | 20 358 | 21 641 | 23 802 |
| Kansas . . . . . | 6 681 | 8 172 | 7 126 | 7 711 | 8 093 | 10 843 | 9 462 | 12 288 | 13 785 |
| Missouri . . . . . | 2 268 | 5 197 | 4 744 | 4 242 | 5 324 | 7 855 | 12 213 | 10 047 | 11 906 |
| Etats de l'Est et du Sud. | 5 168 | 4 843 | 7 130 | 7 330 | 6 132 | 6 753 | 8 672 | 9 310 | 8 266 |
| Totaux. . . | 30 623 | 33 453 | 34 958 | 36 903 | 38 666 | 45 658 | 50 705 | 53 386 | 57 759 |

Dans l'Illinois, on peut citer la mine de Péru à la compagnie Illinois Zinc C°, la Matthiesen and Hegeler Zinc C°, à la Salle, les mines de Collinsville, etc. ; dans le Kansas, qui se rattache au Missouri, les mines de Moseley, près Neosho, etc., où la production de minerai a été, en 1886, de 28 000 tonnes. Dans le Missouri, les principales mines sont celles de Glendale (3 000 tonnes de minerai), celles de Joplin, qui ont fourni, de mars 1886 à mars 1887, 17 000 tonnes de minerai ; le district de Webbcity et Carterville : 22 000 tonnes ; Granby : 8 000.

Les silicates de zinc sont vendus seulement 51 francs la tonne, tandis que les carbonates atteignent 112 et 120.

Dans le Wisconsin, on trouve encore Shullsburgh, Benton, etc.

En *Italie,* les minerais de zinc proviennent presque uniquement de la Sardaigne (99 400 tonnes à 119 francs en 1890) ; une petite quantité de la Lombardie (11 487 tonnes à 34 francs). Ces minerais, d'une teneur moyenne de 50 p. 100 après calcination, sont expédiés principalement en Belgique et à Swansea, un peu dans l'Aveyron.

En *Espagne*, les provinces productrices de minerais de zinc étaient, il y a quelques années :

| | 1869 | |
|---|---|---|
| Santander . . . . . | 67 647 | tonnes. |
| Murcie. . . . . | 32 600 | — |
| Almeria . . . . . | 5 993 | — |
| Grupuzioz . . . . . | 1 450 | — |
| Biscaye . . . . . | 1 330 | — |
| Teruel. . . . . | 1 200 | — |

La Société Asturienne a produit, en tonnes de zinc métal :

| 1885 | 1887 | 1889 | 1890 |
|---|---|---|---|
| 15 090 | 16 250 | 17 100 | 18 550 |

En *Suède*, il existe un seul gisement important de zinc, c'est celui de blende d'Ammeberg, donnant environ 40 000 tonnes de minerai et 20 p. 100 de zinc.

En *France*, on peut citer :

| | 1891 |
|---|---|
| Gard (les Malines) | 111 tonnes à 51.30 calamine et blende brute.<br>23.662 à 136.69 blende et calamine calcinée. |
| Var (les Bormettes). 1885 1886 1888 1889<br>1 730 t. 2 608 t. 7 433 t. 13 100 t. | 20.168 à 99.29 calamine calcinée.<br>500 à 37.00 — brute. |
| Drôme (Merglon) | 42 à 40.00 blende et galène.<br>3.403 à 119.69 calamine calcinée. |
| Basses-Pyrénées | 1.232 à 120.60 blende préparée. |
| Hautes-Pyrénées | 1540 × 81. 00. |
| Ariège (Sentein) | 592 à 170.42 de galène argentif.<br>1.626 à 79.88 blende et calamine. |
| Tarn | 400 × 95 blende. |
| Ille-et-Vilaine (Pontpéan) | 2.100 à 58.29 blende. |
| Ardèche | 1.429 à 118.74 blende et galène. |
| Algérie. Alger (Sakamody et Guerrouma) | Blende pure et plombeuse brute. 4.035 × 97.41.<br>Blende pure et plombeuse lavée 6.069 × 109.41.<br>Calamine préparée. 1.680 × 95.00. |
| Algérie. Constantine | Calamine préparée. 1.827 × 43.91. |

Les principaux gisements exploités dans ces dernières années ont été ceux des Malines (Gard) ; des Bormettes (Var) ; de Sakamody et Guerrouma (département d'Alger) ; Hammam n'bails (Constantine) ; Merglon (Drôme), etc

La France a importé, en 1889, 27 786 tonnes de zinc venant surtout de Belgique contre une exportation de 5 606 ; soit une différence de 22 180 qui, ajoutée à la production des usines françaises (18 000 tonnes), donne une consommation d'environ 40 000 tonnes de zinc.

En *Grèce*, le zinc vient du Laurium ; en *Russie*, de la Pologne au voisinage de la Silésie ; en *Autriche*, de la Carinthie (Cilli, Sagor, Sierrza-Niedzieliska, etc.).

En *Grande-Bretagne*, il existe une soixantaine de mines dont la production se répartit ainsi par région :

| | | |
|---|---|---|
| Ile de Man | 9 000 tonnes | (gisements dans le Silurien). |
| Cornwall | 5 000 — | — |
| Montgomeryshire | 2 800 — | — |
| Denbighshire | 2 400 — | (carbonifère). |
| Cumberland | 1 800 — | — |

Les mines principales sont : dans l'île de Man, Great-Laxey; dans le Cornwall, West Chiverton ; dans le Montgomeryshire, Van ; dans le Denbighshire, Minera ; dans le Cumberland, Nenthead, etc. Les minerais, sauf ceux du carbonifère, sont, en général, de la blende.

Nous donnerons bientôt la répartition du zinc entre les usines.

Enfin, en *Belgique*, on achève d'exploiter les gisements de la région de Moresnet, Welkenraedt, etc.

Quant aux *pays producteurs de zinc métal,* voici comment se fait la répartition :

En *Prusse*, la plus grande partie de ce zinc métal provient de la Silésie, Beuthen, Tarnowitz dans les usines de Silesia hütte, Hohenlohe hütte, Wilhelminen hütte, etc.

Nous en donnerons le détail quand nous nous occuperons de ce bassin [1].

En *Angleterre*, le centre principal est Swansea; parmi les fondeurs, nous citerons :

PRODUCTION DU ZINC EN ANGLETERRE

| | 1885 | 1886 | 1887 | 1888 | 1889 | 1890 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Vivian and Sons . . . . | 6 711 | 6 951 | 6 614 | 4 917 | 7 507 | 8 177 |
| English Crown Spelter C° (limited). . . . . | 5 024 | 5 061 | 5 060 | 4 071 | 3 301 | 3 556 |
| Dillwyn and C°. . . . . | 3 993 | 4 613 | 3 966 | 2 888 | 3 063 | 3 014 |
| Swansea Vale Spelter C°. | 1 641 | 2 196 | 2 184 | 1 827 | 2 093 | 2 220 |
| Villiers Spelter C° . . . | 1 920 | 2 215 | 2 025 | 1 839 | 1 910 | 2 017 |
| Pascoe, Grenfell and Sons | 1 179 | 1 292 | 1 351 | 1 142 | 739 | 1 099 |
| Nenthead and Tynedale C° | 1 554 | 1 531 | 1 540 | 1 338 | 1 212 | 1 402 |
| John Lysaght (limited). | 4 521 | 5 196 | 3 809 | 1 626 | 1 237 | 1 983 |
| Staffordshire Knot . . . | 356 | 1 118 | 152 | » | » | 711 |
| Minera mines . . . . . | 2 205 | 620 | » | » | » | » |
| H. Kenyon and C°. . . | 508 | 508 | 508 | 508 | 508 | 508 |
| | 29 612 | 31 301 | 27 209 | 20 157 | 21 570 | 24 687 |

[1] Page 449 et suiv.

En *Belgique* et dans le *bassin du Rhin*, une statistique américaine donne, comme principaux producteurs :

| | 1885 | 1887 | 1889 | 1890 |
|---|---|---|---|---|
| Vieille-Montagne [1] | 51 520 | 52 370 | 52 870 | 53 730 |
| Stolbeg C° | 14 690 | 14 300 | 14 700 | 15 090 |
| Austro-Belge | 9 750 | 9 400 | 9 360 | 9 360 |
| G. Dumont et frères | 7 200 | 8 500 | 9 000 | 8 500 |
| Rhein-Nassau C° | 7 800 | 7 700 | 7 600 | 8 100 |

Puis viennent L. de Laminne, Escombrera Bleyberg, Grillo, Mark-Westf, Nouvelle Montagne, Berzelius, Eschger, Prayon, etc., qui produisent chacun de 4 à 7 000 tonnes

En *France*, la production de zinc se répartit entre le Nord (usines d'Auby) : 11 820 tonnes, et l'Aveyron (usines de Viviers, 6 162 tonnes).

Ces usines ont passé à peine 2 000 tonnes de calamines indigènes contre 35 000 tonnes de calamines étrangères ; le reste des minerais français a été expédié, soit à Swansea, soit surtout à Anvers pour être traité dans les usines belges.

Une grande partie des zincs obtenus passent au laminage, aussitôt après avoir été raffinés, c'est-à-dire débarrassés du plomb, du fer, du cadmium, de l'arsenic et de l'antimoine (ces deux derniers très difficiles à séparer) qu'ils retenaient encore. Les frais de laminage sont d'environ 25 à 30 francs par tonne.

Pour l'Espagne, nous avons donné la production de l'Asturienne [2].

Les *prix du zinc* étaient : en 1886, pour le zinc de Silésie rendu au Havre, de 387 fr. ; en juillet 1889, de 510 fr. ; en 1890, de 625 fr.

Vers cette époque, un syndicat s'est formé entre les principales usines pour restreindre la production et, jusqu'au milieu de 1892, on a réussi à maintenir les cours assez élevés. Mais la création de nouvelles usines et le malaise général de l'industrie de la contruction ont ramené la baisse depuis septembre 1892. En décembre 1892, le cours du zinc à Londres est d'environ 470.

[1] Parmi les usines de la Vieille Montagne en Belgique, nous citerons celles d'Angleur, Flône et Valentin Cocq.

[2] Page 363.

## MINERAIS DE ZINC

Le zinc se présente sous deux formes principales dans la nature : la *blende* ou sulfure de zinc et la *calamine* qui, dans le langage industriel, comprend, à la fois, le carbonate de zinc ou smithsonite et l'hydrosilicate ou calamine minéralogique[1]. La *zinconise*, ou calamine terreuse, est un hydrocarbonate ; la *zincite*, un protoxyde toujours mélangé de fer et de manganèse, et la *franklinite*, associée à la zincite à New-Jersey, un spinelle de fer, zinc et manganèse.

Les teneurs calculées en zinc sont : pour la blende, 66,9 ; pour la calamine, 53,7 ; pour la smithsonite, 52 ; pour la zincite, 80,2 p. 100.

Les gîtes calaminaires ont fourni longtemps le seul minerai employé ; outre que les calamines sont d'un traitement plus facile que les blendes, elles sont moins mélangées de plomb, ce qui, pour la fabrication du blanc de zinc, est d'une grande importance.

La calamine contient souvent un mélange de carbonate et de silicate. Le carbonate pourrait être soumis à la réduction sans grillage préalable. On commence cependant toujours par le calciner, tant pour éviter, au moment de la réduction, un dégagement d'acide carbonique qui refroidirait les appareils que pour obtenir une perte de poids de 25 à 30 p. 100, avantage considérable pour un minerai presque toujours transporté à grande distance. Le silicate se réduit comme l'oxyde, mais exige une température plus élevée ; on ne le calcine pas, en sorte que la teneur du minerai expédié est plus faible, donc le frêt proportionnellement plus considérable. Par cette double raison, c'est un minerai de valeur moindre.

Les calamines sont un minerai toujours superficiel, localisé dans des gîtes très limités, dont on doit, par suite, prévoir l'épuisement dans un temps relativement restreint. On sera alors forcé de recourir aux blendes qui, depuis quelques années, entrent dans une proportion déjà assez forte dans la production de zinc.

[1] Le silicate se reconnaît pratiquement à son bruit métallique.

La blende a l'inconvénient d'exiger un grillage préalable tout particulièrement soigné, faisant passer tout le zinc à l'état d'oxyde; la plupart des métallurgistes considèrent, en effet, comme perdue toute trace de zinc qui entre dans les creusets, soit à l'état de sulfure, soit à l'état de sulfate. Ce traitement est aujourd'hui très perfectionné dans un certain nombre d'usines : Silésie, Swansea, usines de la vieille Montagne à Oberhausen (Allemagne [1]), Flône (Belgique), Ammeberg (Suède), etc. En même temps qu'on prépare la blende pour la réduction, on utilise le soufre dégagé pour produire de l'acide sulfurique.

## GÉNÉRALITÉS GÉOLOGIQUES SUR LES GITES DE ZINC [2]

Aux deux grandes catégories de minerais de zinc indiquées plus haut (blendes et calamines) correspondent des types de gisements différents.

La *blende*, à la façon des autres sulfures métalliques, tels que les sulfures de fer ou de plomb avec lesquels nous la trouvons fréquemment associée, peut exister, soit à l'état filonien, soit, quoique plus rarement, à l'état de couches sédimentaires. Dans les deux cas, mais surtout dans les filons, elle se trouve presque toujours en connexion si intime avec la galène que nous nous verrons, plus d'une fois, forcé, pour ne pas rompre l'unité d'un district métallifère, de parler du plomb à propos du zinc, de même que certaines mines reportées au chapitre du *Plomb* fournissent une certaine proportion de zinc.

Comme type de filons de blende, on peut citer ceux de l'île de Man et du Cornwall et ceux de Sardaigne, post-siluriens; de Brilon et d'Iserlohn en Westphalie, post-dévoniens; les filons de blende et galène argentifère des Bormettes (Var), peut-être triasiques; ceux de Santander et Picos de Europa (Espagne), de Sakamody (Algérie) post-crétacés. Les filons, plus ou moins minces, contenant

[1] A Oberhausen, on grille les minerais provenant des bords du Rhin (Bensberg, etc.), minerais qui sont ensuite fondus à Borbec, près Essen.

[2] Dans la discussion qui va suivre, nous nous séparerons légèrement des idées de M. Fuchs qui admettait, d'une façon générale, la formation immédiate et primitive des calamines.

une certaine proportion de blende, sont, d'ailleurs, très abondants dans certaines régions, comme le versant Sud-Est du Plateau Central (Gard à Clairac, Lozère à Meyrueis etc.), comme la Saxe, etc.

En fait de gisements subordonnés à des terrains sédimentaires, nous citerons : dans le gneiss, Ammeberg (en Suède); dans le silurien, Austin (en Amérique) ; dans le permien, les schistes micacés avec lentilles de blende de la province de Carthagène dont nous parlerons au chapitre du *Plomb* ; dans le trias, les couches blendeuses de la Haute Silésie. Notons, de suite, que, dans tous les gisements à allure vraiment sédimentaire, c'est la blende qui domine sur la calamine. Celle-ci ne semble résulter que de la décomposition superficielle du sulfure : en Silésie par exemple.

La formation de ces gisements de blende par les eaux est un fait qui, étant donnée l'insolubilité du sulfure de zinc, demande quelque explication.

Faut-il admettre que le sulfure déposé dans les filons résulte de la réduction d'un sulfate, comme nous constatons que cela se passe encore pour certaines formations secondaires de blende dans de vieux travaux de mines, formations résultant d'une première dissolution à l'état de sulfate suivie d'une réduction par les boisages. Mais, outre que l'hypothèse d'éléments oxydés, tels que les sulfates venant de la profondeur, est contraire à tout ce que nous observons dans les fractures métallisées, on ne voit pas non plus, à moins de faire intervenir les carbures d'hydrogène, quel aurait pu être l'agent réducteur. Il est plus probable que le sulfure métallique était maintenu en dissolution, soit par un acide, soit par un excès de sulfures alcalins [1].

Dans le cas des gîtes sédimentaires également, l'action d'eaux acides semble manifestée par le creusement accidentel dans les bancs calcaires, de véritables poches comme celles de Raibl [2], où se sont déposées des zones concentriques de blende et de galène. On peut, en outre, dans ce cas, supposer [3] la précipitation de dissolutions étendues de zinc sous une forme quelconque par des

[1] Cf. Sénarmont : sur la formation des minéraux par voie humide dans les gîtes métallifères concrétionnés. Voir également les travaux de Poszepny.

[2] Voir plus loin, page 425.

[3] Voir plus loin, p. 425 et fig. 262. Il faut bien distinguer ces poches antérieures au dépôt de celles qui résultent du métamorphisme secondaire en calamine.

sulfures provenant du gypse. D'ailleurs, bien souvent, nous sommes disposé à penser qu'on n'a pas affaire, comme on est porté à le croire d'abord, à un véritable gîte de sédimentation contemporain des couches encaissantes, mais à un gîte de substitution[1] et qu'en particulier, des bancs calcaires, antérieurement formés, ont dû être, au voisinage de certaines fissures, pénétrés de blende, de proche en proche, avec transformation (immédiate ou postérieure) de la blende en calamine.

Ceci nous amène à discuter l'origine de la seconde catégorie de gîtes de zinc : les *calamines*. Celles-ci, sauf aux affleurements des filons de blende, sont absolument localisées dans les roches calcaires et résultent toujours d'un phénomène de substitution qui peut être simple ou double suivant que la dissolution zincifère a directement agi sur le carbonate de chaux pour former de la calamine, ou bien que du sulfure de zinc, ayant primitivement imprégné le calcaire, soit par porosité simple, soit à la suite d'une attaque acide, a, plus tard, et par l'intervention des eaux superficielles, été, au voisinage de la surface, transformé en calamine.

Le fait de la substitution est mis en évidence, dans un très grand nombre de cas, par la présence de fossiles transformés en calamine, de pseudomorphoses de calcite en calamine, etc. (Malfidano et Monteponi en Sardaigne, Iserlohn en Westphalie, etc.), par la présence de gypse au voisinage[2]. Les pseudomorphoses de calcite en calamine peuvent même rendre assez difficile à admettre, là, une première substitution en blende, suivie d'une transformation en calamine[3]. Mais quel est, précisément, l'âge et le mode de cette substitution calaminaire, contemporain de la venue zincifère ou secondaire et récent ; c'est un problème assez délicat que nous nous sommes spécialement attaché à étudier dans deux voyages récents en Sardaigne et en Silésie.

Remarquons d'abord que, quelle qu'en soit la solution, la cala-

[1] Cependant, de même que certains bancs de quartz carié, intercalés dans le trias, contiennent de la galène contemporaine, de même certains terrains paraissent contenir de la blende incluse originairement dans leurs strates.

[2] Ainsi à Bergish-Gladbach (Groddeck, p. 326) ; au Laurium, etc.

[3] A Planu Sartu (Sardaigne), on a trouvé, de même, des tables de barytine pseudomorphosées en cérusite.

mine paraît, d'une façon générale, n'être qu'un minerai de surface, au-dessous duquel on trouve la blende et dont l'existence est donc intimement liée au voisinage des eaux superficielles, chargées d'oxygène de l'air. C'est un fait que nous allons commencer par bien établir.

On le constate, en premier lieu, aux affleurements des filons de blende presque toujours transformés en calamine, même lorsqu'ils sont encaissés dans des schistes, comme ceux de Sakamody (Algérie). De plus, dans les régions à filons de zinc, comme la Sardaigne par exemple, on trouve, à la surface du sol, le long des diaclases élargies des terrains calcaires, des poches, absolument limitées en profondeur, de calamine et d'argile rouge, qui peuvent très bien résulter de l'action superficielle, sur ces calcaires, d'eaux ayant commencé par dissoudre, à l'état de sulfate, la blende des affleurements filoniens voisins.

On expliquerait ainsi comment ces poches présentent une terminaison brusque, au-dessous de laquelle on ne trouve parfois même pas de fente ayant pu livrer passage aux eaux venant d'en bas.

Mais nous irons plus loin ; les grandes formations calaminaires elles-mêmes font, le plus souvent, en profondeur, nettement place à de la blende. On l'a constaté notamment à Iserlohn, dans des conditions assez intéressantes; car la blende, qui domine au-dessous de la calamine a, comme celle-ci, minéralisé des coraux et pseudomorphosé de la calcite. Par conséquent, il s'est produit une substitution directe du sulfure de zinc au carbonate de chaux sans qu'il y ait eu double décomposition des deux sels et précipitation du carbonate de zinc. A Welkenrædt, à Moresnet, aux Picos de Europa, etc., la présence de blende et galène au contact des calcaires donnerait lieu à la même remarque. Au Banco sin nombre près d'Andara, dans la région des Picos de Europa, en Espagne, on trouve, au milieu du calcaire carbonifère, un filon contenant, à la fois, de la blende avec de la calamine paraissant résulter de la décomposition de celle-ci. A Austin, en Virginie, la calamine cesse à 18 mètres de profondeur pour faire place à de la blende. Dans la haute Silésie, nous décrirons des gîtes situés au-dessus du muschelkalk inférieur et formés, au voisinage de la surface, de calamine surmontée par du minerai de

er. Quand on s'enfonce dans ces gisements, on voit, à la cala-ine, se substituer d'abord une calamine à veines blendeuses, uis de la blende pure, déposée avant la galène et avant le mine-ai de fer dans un ordre de succession qui semble assez constant utes les fois que l'on remonte à la formation originelle. A la ine Cécile, par exemple, la blende a commencé à 50 mètres du ur [1]. En Sardaigne enfin, les observations donnent lieu à des nclusions identiques.

Malgré certains cas, en apparence un peu contradictoires, comme lui de la Vieille-Montagne [2] où l'on n'a trouvé que fort peu de lende et où la calamine s'est maintenue jusqu'au fond de l'amas, s exemples de ce genre sont tellement nombreux qu'il est diffi-le de ne pas y voir une loi générale.

Mais il reste, comme nous l'avons dit, à se demander si ce phé-nomène tient à ce que, dès l'origine, les eaux métallisantes, réduc-rices en profondeur, se sont chargées d'oxygène au voisinage e la surface d'alors (sans doute très différente de celle d'aujour-'hui) et ont réagi sur le carbonate de chaux des terrains encais-ants, ou, bien plus tôt, si l'on n'a pas affaire là à des phénomènes econdaires et relativement récents. La première hypothèse peut re admissible dans certains cas ; mais la seconde nous paraît 'une application beaucoup plus souvent exacte.

Pour nous, il y a eu, à des époques diverses, venues d'eaux ther-ales chargées de sulfure de zinc qui, dans les terrains résistants, nt donné des dépôts concrétionnés sur des fractures nettes, dans s schistes se sont éparpillées en veines, dans les terrains poreux omme les grès ou attaquables aux acides, comme les calcaires, nt produit une imprégnation blendeuse (que l'exemple, précé-emment cité, des pseudomorphoses de calcite, non en calamine ais en blende, à Iserlohn, aide à comprendre). Il en est résulté, ans ces calcaires, particulièrement au-dessous de bancs imper-

[1] De même, au Laurium, on trouve de vraies stalactites de calamine associées à des ristaux de gypse, stalactites qui ne résultent pas d'une action de substitution directe u calcaire, mais qui prouvent, tout au moins, une remise en mouvement du zinc, eut-être une première cristallisation à l'état de blende dans des cavités calcaires avec ransformation postérieure.

[2] A Welkenrœdt, dans la même région belge, les sulfures ont été, au contraire, bondants (voir p. 420).

méables prolongeant le séjour des eaux et le long de failles o diaclases, la formation de grandes zones lenticulaires englobar souvent des fragments de calcaire plus compact, souvent aussi con servant la structure du calcaire remplacé [1] et formées de calcai blendeux[2]. Puis, beaucoup plus récemment, les eaux de surfac pénétrant dans ce calcaire et s'y chargeant de sulfate de zinc ave excès d'acide sulfurique, ont, par double décomposition, donné d la calamine qui a pu, suivant la distribution de ces eaux, s'étend beaucoup plus loin que ne l'avait fait d'abord la blende, qui a d également, par suite de cette extension même, donner parfois de dépôts secondaires venus d'en haut et non d'en bas.

A l'appui de ces idées, on peut remarquer à Malfidano, en Sa daigne, que le rôle actif des eaux superficielles est très nettemen accusé par l'existence, au-dessus de l'amas principal situé dans l fond d'une vallée, d'une épaisse couche d'alluvions de 6 à 10 mètre d'épaisseur contenant des galets de roches assez éloignées, en pa ticulier de granite. En ce point, l'amas supérieur, ou de Caïta est aujourd'hui entièrement composé de calamine; l'amas, situ plus bas, de Malfidano (près Bruggeru) contient, au contraire, tou les passages depuis un calcaire compact imprégné de sulfure divers jusqu'à la calamine même par l'intermédiaire de calcaire plus fissurés, où l'on voit, d'abord, la pyrite se changer en oxyd de fer, puis la blende en calamine, enfin la galène en carbonat Certaines parties testacées et concrétionnées de calamine re ferment encore de la galène presque intacte et, dans la calamin de nombreux vides cellulaires prouvent la dissolution. En outr des argiles, toujours magnésiennes[3], qui accompagnent la cal mine dans les terres calaminaires, semblent, dans toute hypothès le résidu de cette dissolution chimique.

Au-dessous de cet amas calaminaire inférieur de Bruggeru, on

[1] A Monteponi (Sardaigne), on peut observer tous les passages du calcaire intact au calcaire calaminaire ayant gardé sa structure et enfin à la calamine.

[2] Ce calcaire blendeux est visible en bien des points à Malfidano (Sardaigne). Nous avons observé un fait analogue dans de nombreux gisements de zinc, en particulier, à Boreslaw (Pologne).

[3] On a attribué à la magnésie, qui existe, en général, dans les calcaires métallifères de Sardaigne et se retrouve dans les dolomies de Silésie ou de la Vieille-Montagne, un rôle chimique pour la précipitation du zinc.

Voir plus loin Wiesloch, page 427; Santander, page 437.

ne sait pas ce qu'on rencontrerait, car on n'est descendu qu'à une faible profondeur ; mais, dans la concession voisine de Mazua, où l'on est allé plus bas, on a trouvé de la blende.

En Silésie, un métamorphisme superficiel du même genre, agissant sur un mélange de blende et pyrite de fer a, dans la zone d'affleurements, produit la concentration distincte du fer en hématite, du zinc en calamine blanche ; plus loin, les deux métaux sont restés associés dans la calamine rouge.

Maintenant, d'où vient ce zinc; c'est la même question que nous retrouvons à chacun des chapitres de ce livre et à laquelle on peut donner, comme nous l'avons vu, deux solutions contradictoires. M. Dieulafait a remarqué que le zinc se présentait à l'état de diffusion dans presque toutes les roches anciennes, porphyres, granites, gneiss, micaschistes, qu'il en existe dans l'eau de mer (près d'un milligramme par mètre cube dans la Méditerranée). Il en a même trouvé dans des grains de blé et d'orge. Sa conclusion était que le zinc des gisements anciens provenait du lavage de ces terrains et de la concentration de ces eaux. Nous avons déjà eu l'occasion de dire, à propos du cuivre, combien cette hypothèse nous paraissait inadmissible. Une couche de blende d'un centimètre seulement correspond à environ 7 millimètres de zinc pesant $0{,}7 \times 7 = 4{,}9$ grammes par centimètre carré de surface ou, par mètre carré, 49 000 000 milligrammes ; c'est-à-dire que, pour déposer cette mince couche de zinc, il aurait fallu (à la teneur de la Méditerranée) l'évaporation d'une hauteur d'eau de 49 000 kilomètres. D'ailleurs, étant donnée cette proportion de zinc (plus forte que celle de cuivre) dans l'eau de mer et le raisonnement de M. Dieulafait, on se demande pourquoi les schistes cuprifères du Mansfeld, auxquels il a spécialement adapté sa théorie, ne sont pas plus riches en zinc. Notre avis, nous avons à peine besoin de le répéter une fois de plus, est, au contraire, que le zinc a été emprunté, comme les autres métaux filoniens, aux fumerolles de certaines roches (qui en contiennent encore des traces), alors qu'elles étaient encore à l'état igné. Le zinc qu'on retrouve aujourd'hui dans ces roches est, non pas la source du métal des filons, mais leur résidu.

Cette remarque faite, nous passerons à la description des gise-

ments de zinc sans essayer, en raison du caractère local des amas de calamine, de les séparer des gîtes de blende et en y rattachant également certains minerais de plomb tout à fait connexes, comme ceux de Sardaigne.

Le type du gisement de zinc en roche éruptive n'étant pas représenté, non plus qu'il ne le sera pour le plomb, nous commencerons, comme d'habitude, par les gîtes filoniens classés d'après l'âge du terrain encaissant, et continuerons par les gîtes sédimentaires. On peut établir le tableau de comparaison suivant :

| GÎTES FILONIENS ET DE SUBSTITUTION | | GÎTES SUBORDONNÉS A DES TERRAINS SÉDIMENTAIRES |
|---|---|---|
| TERRAINS ENCAISSANTS | CARACTÈRES DES GÎTES | |
| Gneiss. | | Ammeberg (Suède) : blende. |
| Silurien supérieur. | | Austin (Virginie) : blende et galène au-dessus. |
| Silurien. | Laurium (Grèce) (âge douteux) : calamine, galène<br>Sardaigne : filons de galène et blende, amas de calamine.<br>Ile de Man, Cornwall, Montgommeryshire : filons de blende. | |
| Dévonien moyen. | Prusse Rhénane (Bensbeg).<br>Brilon et Iserlohn (Westphalie) : calamine avec blende en profondeur. | |
| Carbonifère.<br>Houiller.<br>Permien. | Denbighshire et Cumberland, bords du Rhin.<br>Vieille Montagne, etc...<br>Carthagène : amas calaminaires. | Carthagène : blende en lentilles dans les schistes micacés. |
| Trias (muschelkalk). | Raibl (Carinthie). — Bergame (Lombardie). — Wiesloch (duché de Bade) : calamine et galène. | Silésie. |
| Trias à l'Oxfordien. | Lozère, Gard, etc. | |
| Crétacé.<br>Eocène ? | Blankenrode (?).<br>Santander, Algérie, etc. | |

Si nous nous restreignons à l'Europe, où l'étude des plissements est plus avancée qu'ailleurs, nous voyons (l'âge des terrains encaissants étant, pour la première catégorie de gîtes, un minimum)

que les venues de zinc peuvent, comme celle de la plupart des autres métaux, se rattacher aux grandes périodes de métamorphisme ou de dislocation suivantes : terrain primitif ; dévonien ; permien à l'infralias ; tertiaire. Dans le détail, les gisements de zinc semblent généralement plus récents que ceux de cuivre, plus anciens que ceux de plomb ; de même, lorsque la blende et la galène coexistent dans un filon d'incrustation ou dans deux couches superposées, on observe, le plus souvent, que la blende s'est déposée avant la galène.

## A. AMAS CALAMINAIRES ET FILONS DE BLENDE

### GÎTES DE ZINC DU LAURIUM (ATTIQUE) [1]

**Historique et production.** — Les gisements du Laurium ont été très activement exploités pour plomb et argent à l'époque athénienne et, dès l'année 520 avant notre ère, ils sont mentionnés dans le budget d'Athènes. Ils ont été repris pour zinc et plomb en 1876 par la Compagnie française du Laurium, constituée, le 1er septembre 1875, au capital de 13 500 000 francs, porté depuis, en 1879, à 16 300 000 francs par l'achat des concessions d'une autre société dite la Périclès. A côté de cette société, une autre entreprise grecque, dite Société grecque des usines métallurgiques du Laurium, a commencé le traitement des scories argentifères qui avaient été découvertes par M. Serpieri et qui avaient été le premier point de départ de l'entreprise. La production a été :

| | 1888 | 1889 | 1890 | 1891 |
|---|---|---|---|---|
| Minerais complexes. . | 59 010 t. | 49 394 t. | 89 856 t. | 41 699 t. |
| Plombs d'œuvres. . . | 4 784 t. | 5 074 t. | 6 021 t. | 7 014 t. |
| Minerais de zinc. . . | » | » | » | 27 838 t. |

De 1877 à 1888, les expéditions faites ont atteint 570 000 tonnes, soit 22 000 tonnes de plomb d'œuvre et 548 000 tonnes de

[1] Coll. *Ecole des Mines*, 1681.

minerais. Le tonnage des matières traitées sur place s'élève à 643 000 tonnes. La mine a produit, pendant ces douze années, tout près de 1 200 000 tonnes de minerai.

De 1885 à 1891, on a produit, en plomb d'œuvre :

| | 1885 | 1886 | 1887 | 1888 | 1889 | 1890 | 1891 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Plomb d'œuvre. . . | 1 827t | 2 818t | 3 081t | 4 784t | 5 074t | 6 021t | 7 104t |
| Teneur moyenne en argent . . . . . | 1 750gr | 1 925gr | 1 889gr | 1 750gr | 1 785gr | 1 920gr | 1 720gr |

Peu à peu, on a ajouté à la mine 22 fours pour la calcination des calamines, capables de produire annuellement 40 000 tonnes de calamine calcinée; 3 laveries pour la séparation des sulfures mixtes et l'épuration des matières, pouvant traiter de 450 à 600 tonnes de minerai par jour; enfin une usine à plomb composée de fours de grillage et de 9 fours de fusion pour le traitement sur place des minerais pauvres, produisant par mois de 350 à 450 tonnes de plomb d'œuvre, d'une teneur moyenne en argent de 1 800 grammes.

La principale difficulté rencontrée par l'entreprise, c'est la présence d'un niveau hydrostatique, partout représenté dans la colline un peu au-dessus du niveau de la mer. L'avenir de l'exploitation se trouve donc limité, pour le moment, à la quantité de calamine et galène située au-dessus de cet horizon.

**Géologie générale de la région.** — Le sol du Laurium, comme celui de toute l'Attique, est composé d'une alternance de schistes phylladiens d'âge encore indéterminé avec des calcaires saccharoïdes. Ces terrains, reposant probablement sur le granite qui affleure en quelques points, sont recouverts, en partie, par des formations récentes : terrain tertiaire à lignites dans le fond des vallées (comblées elles-mêmes par des alluvions considérables) et poudingues quaternaires couronnant quelques hauteurs.

Tous ces terrains ont été profondément disloqués et métamorphisés : ce qui rend, les fossiles faisant défaut, leur reconnaissance difficile. On les considère généralement comme d'âge ancien, probablement silurien. Cependant certains observateurs, parmi lesquels Neumayr, sont, au contraire, portés à les rattacher au

crétacé avec tous les schistes micacés, gneiss et marbres de l'Attique. Le point de départ de cette idée est la présence de quelques fossiles dans certains calcaires métamorphiques de l'Attique : des hippurites à Salamine, une nérinée à l'acropole d'Athènes, etc... et le passage progressif que l'on remarque, en quelques points, entre le crétacé à faciès normal et celui à faciès très ancien ; mais, d'autre part, il existe, dans le bassin de la mer Egée, des restes incontestables de terrains paléozoiques et, dès qu'on arrive au Pentélique, ce n'est plus que par une assimilation très aventurée qu'on veut rattacher au crétacé les terrains métamorphiques. Nous préférons donc, jusqu'à preuve du contraire, repousser cette hypothèse [1].

La partie de ces couches exploitée pour zinc et plomb au Laurium comprend les terrains suivants :

1° Calcaire supérieur (en grande partie enlevé par les érosions) : $C_1$
2° Schiste supérieur ou premier schiste (60m) : $S_1$ — premier contact.
3° Calcaire moyen ou deuxième calcaire (55m) : $C_2$ — deuxième contact ;
4° Schiste inférieur ou deuxième schiste (120m) : $S_2$ — troisième contact, le plus riche ;
5° Calcaire inférieur ou troisième calcaire (100m) $C_3$.

Cette série, d'après les ingénieurs du Laurium, se continuerait probablement par un troisième schiste et un quatrième calcaire. Elle a été plissée, comme l'indiquent deux figures ci-jointes (231

Fig. 231. — Coupe Est-Ouest du Laurium, montrant les épanouissements des dépôts métallifères aux contacts inférieur et moyen du calcaire et du schiste (d'après MM. Huet et Daubrée).

et 232), suivant une direction moyenne N. 15° O. et plonge, d'un côté vers l'Est, de l'autre vers l'Ouest.

[1] Voir sur cette question, notre mémoire sur la géologie des îles de Mételin et Thasos. (Archives des missions scientifiques, 1889.)

La séparation entre ces diverses couches est tantôt très nette, tantôt, au contraire, se fait par un passage progressif, marqué dans

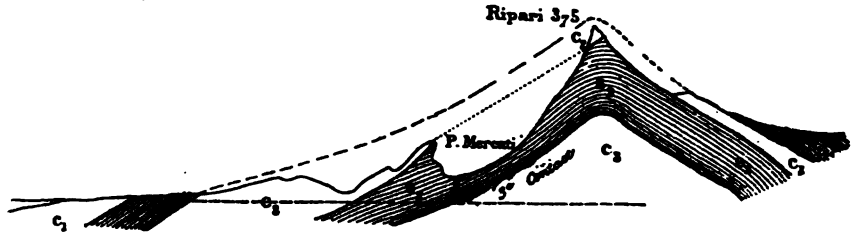



Fig. 232.— Coupe N.-E.-S.-O. du Laurium (d'après M. Huet).

les schistes par des intercalations de lentilles calcaires et, dans les calcaires, par des feuillets schisteux. De plus, chaque couche n'est pas toujours constituée uniformément par la même roche. Ainsi, dans le calcaire moyen, on rencontre, à plusieurs niveaux, des bancs schisteux peu épais et, dans le troisième calcaire, il existe, à Camaresa, une couche mince de schiste dont la présence a donné naissance à un gîte métallifère important.

Ces diverses roches présentent les caractères suivants :

1° Le *calcaire supérieur* $C_1$ est cristallin, zoné parallèlement à la stratification par des bandes quartzeuses et ocreuses, et présente un clivage facile suivant ces bandes.

Il forme, au sommet des collines schisteuses, des îlots isolés de peu d'épaisseur. A la surface, il est ordinairement rouillé et divisé en fragments tabulaires de grande dimension.

2° Le *schiste supérieur* $S_1$ se présente en feuillets fortement plissés avec bandes alternatives de quartz laiteux compact, de pâte argileuse noirâtre imprégnée de talc et mica et de calcaire noir fissile (surtout au voisinage des calcaires). Sa couleur est ordinairement noire ou vert foncé. Il occupe la plus grande partie de la surface du Laurium et se distingue nettement du calcaire.

3° Le *calcaire moyen* $C_2$ est compact, sans clivage, avec une surface rugueuse et mamelonnée ; il se rapproche des calcaires lithographiques et est traversé parfois dans sa masse (Saint-Elie) par des veines rougeâtres.

Il constitue une couche épaisse de 455 mètres sous le schiste $S_1$.

4° Le *schiste inférieur* $S_3$ est très micacé; il contient une proportion d'argile permettant de l'utiliser pour la fabrication des briques réfractaires. Les lentilles calcaires y sont nombreuses au voisinage des calcaires.

5° Le *calcaire inférieur* $C_3$ est saccharoïde et très dur. Il se présente, aux affleurements, sous forme de grandes tables séparées par des lits micacés et ferrugineux.

La puissance de ces diverses formations est variable, mais croît sensiblement du Sud au Nord.

Ainsi, au mont Saint-Elie, les épaisseurs sont :

| | | |
|---|---|---|
| Calcaire supérieur . . . . | $C_4$ | 20 mètres. |
| Schiste supérieur. . . . | $S_2$ | 150 — |
| Calcaire moyen . . . . . | $C_2$ | 60 — |
| Schiste inférieur . . . . . | $S_2$ | 70 — |
| Calcaire inférieur. . . . . | $C_3$; plus de | 80 — |

Plus au Nord, dans la chaîne des Rijari, on a :

| | |
|---|---|
| Calcaire moyen. . . . . | 80 mètres. |
| Schiste inférieur . . . . . | 150 — |

Des accidents locaux nombreux modifient d'ailleurs ces épaisseurs.

Toutes ces formations ont été, en effet, profondément disloquées par de nombreux plissements; d'où une série de fissures qui ont pu servir d'évents aux sources minérales venues de la profondeur.

Parmi ces plissements, nous en citerons un N.-S. qui traverse la partie inférieure de l'Afrique et se termine au Sud à la grande faille de Korphona.

A l'Est de ce pli, le pays n'a pas subi de déformations ultérieures; la partie occidentale, au contraire, est plissée fortement; dans le Laurium septentrional, la montagne de Keratea est orientée N. 55° O.

Enfin, des éruptions d'un âge différent ont amené au jour une roche euritique généralement très décomposée dont nous dirons, plus loin, l'influence sur l'allure de la formation métallifère. De nombreux filons de cette roche ont été reconnus; ils sont orientés E.-O.

La roche est minéralisée faiblement ; elle renferme une certaine proportion de cuivre et, partout où on l'a trouvée, on a constaté des traces de ce métal.

**Description des gisements.** — Les gisements du Laurium se présentent sous deux aspects différents :

1° Les amas interstratifiés ;

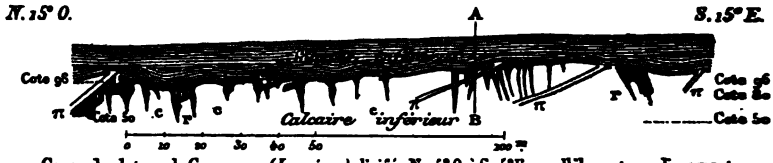
2° Les filons ou griffons.

Les premiers se rencontrent tous, sans exception, à la surface de contact des schistes et des calcaires.

Les seconds traversent les calcaires, et accidentellement les schistes.

Les types les plus parfaits de ces deux modes de gisements se trouvent réunis dans les exploitations de la Société Française, au groupe des puits Serpieri et Jean-Baptiste.

1° *Amas interstratifiés.* — Ces amas (fig. 233 et 234) se pré-




Coupe du plateau de Camaresa (*Laurium*) dirigée N. 15° O. à S. 15° E. parallèlement au plongement.
*On sait que les griffons les plus développés (r) sont accolés au mur des filons cuivreux π. D'après M. Huet et Daubrée.*

Fig. 233.

Coupe suivant A.B. de la figure précédente et selon la direction des griffons
*Elle montre que les griffons de Calamine s'inclinent, dans leur plan qui est vertical, et que quelques uns traversent le filon cuivreux π. D'après M. Huet et Daubrée.*

Fig. 234.

sentent aux trois contacts successifs des calcaires et des schistes. Particulièrement, au contact du troisième calcaire avec le schiste inférieur, les anciens ont trouvé et exploité d'immenses amas de plomb argentifère en ne laissant que de rares piliers pour soutenir les vides immenses qu'ils ont creusés.

Ces amas du troisième contact forment, au-dessus du calcaire, des zones allongées orientées N. 30° O.

Le minerai s'y compose de blende et de galène disséminées en zones puissantes dans une gangue de carbonate de fer.

La blende est très pure. La galène tient jusqu'à 2 500 grammes d'argent à la tonne de plomb. Elle a été presque entièrement enlevée par les anciens.

Les premier et deuxième contacts sont moins importants. Cependant on y trouve également, entre les schistes et le calcaire, un mélange assez intime de blende à veines de galène et de minerais oxydés de plomb et de fer.

Dans le premier contact, on a rencontré une certaine variété de minéraux, en particulier des sulfures de cuivre et même du cuivre natif avec des calamines nickélifères.

2° *Griffons.* — Sous la troisième couche de contact, se trouvent,

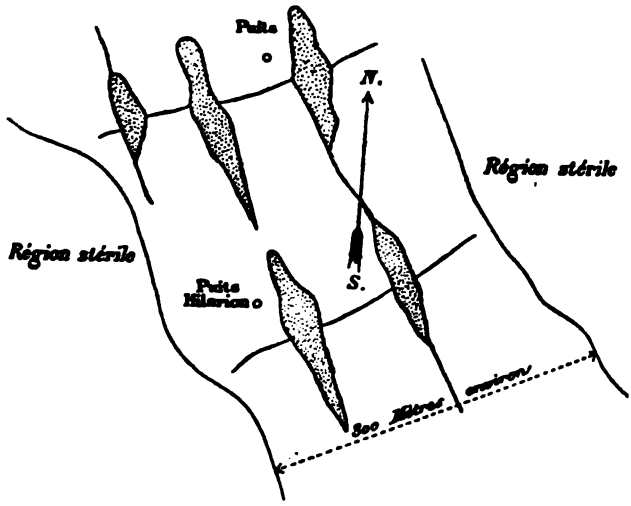



Fig. 235. — Croquis montrant, en plan, la disposition générale des griffons vers le croisement des deux systèmes de diaclases qui traversent le calcaire (d'après MM. Potier et Daubrée).

enclavés dans les calcaires, les griffons ou filons calaminaires.

Les filons sont disposés (dans les concessions de la Société française) transversalement à la direction de l'amas superposé.

Leur orientation est E.-O. en certains points, et N. 70° E. en d'autres points.

Les griffons (fig. 236) sont, comme les couches de contact, dans

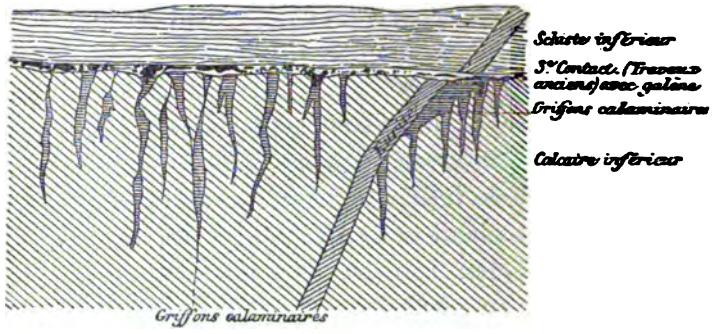



Fig. 236. — Coupe des griffons du Laurium (d'après M. Huet).

des conditions très différentes, suivant qu'on se trouve dans les contacts supérieurs ou dans le troisième contact. Les premiers (fig. 237 et 238) ne renferment, en général, que de la calamine et présentent souvent, à la partie supérieure, un vide où l'on peut voir l'effet de l'action corrosive des eaux acides sur le calcaire, à moins que le vide ne soit dans l'amas calaminaire lui-même, le calcaire ayant été recouvert d'un enduit calaminaire ; généralement on aperçoit, au-dessus de ces cloches, les fissures par lesquelles ont continué à circuler les eaux.

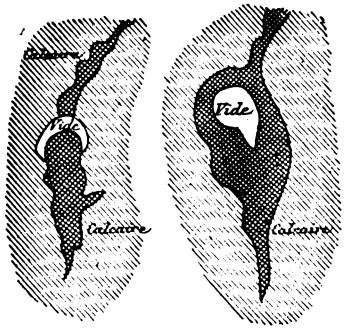



Fig. 237 et 238.
(La calamine a été représentée par hachure croisées.)

Les griffons du troisième contact, plus complexes, contiennent, dans l'axe de la calamine, un amas de galène recouvert d'un enduit ferrugineux (fig. 239).

Enfin un dernier type de griffon, rencontré au puits Jean-Baptiste, a montré, au-dessous d'une fissure mince, un élargissement considérable (fig. 240).

Dans ce troisième contact, on trouve, par exemple entre les

puits Serpieri et Saint-Jean-Baptiste, un amas de galène, blende, calamine et pyrite qui paraît mettre en évidence l'ordre de succession des dépôts métallifères. Là, une âme en galène est entourée, comme dans la figure 239, de fer oxydé, lui-même recouvert par la calamine ; d'où il résulterait que le dépôt aurait commencé par la calamine, continué par le fer, fini par le plomb.

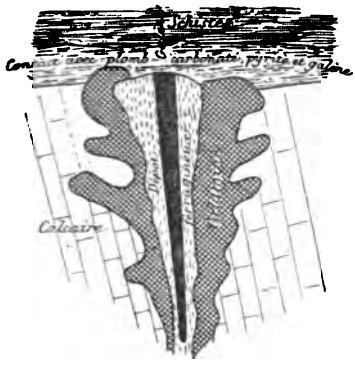


Fig. 239.

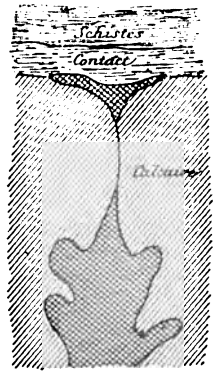



Fig. 240.

Ce zinc, dissous en sulfure, s'est transformé en calamine dans les griffons. En même temps il est arrivé souvent que galène et pyrite de fer aient subi une oxydation correspondante avec formation de cristaux de gypse par l'action du sulfure sur le calcaire. On a alors des cristaux de gypse, couverts parfois d'un enduit d'hématite. La calamine ne se trouve jamais que dans le calcaire et fréquemment on a association de feuillets calaminaires et gypseux : ce qui prouve nettement l'arrivée des minerais à l'état de sulfures. Bien des faits tendent d'ailleurs à montrer que ce gisement métallifère est, comme beaucoup d'autres du même genre, sous l'action des eaux, en transformation continuelle. Il existe, au Laurium, comme à la Vieille-Montagne, etc., des stalactites de calamine formées par une redissolution du dépôt primitif.

**Aspects des calamines.** — On peut distinguer les minerais de surface et les minerais de profondeur.

Les calamines de surface, généralement pauvres, affectent souvent la forme d'un calcaire blanc crayeux plus ou moins com-

pact, parfois d'une limonite caverneuse ou cariée, parfois d'une roche schisteuse et grisâtre qui n'a de remarquable que sa densité. A Plaka, on dirait des éponges aplaties d'un blanc jaunâtre.

Au contraire, dans le troisième contact, on trouve des calamines très pures : les unes, en roche, comparables à un calcaire jaune ou à une meulière, d'autres colorées de blanc, de vert, de jaune, analogues à des calcédoines ou à des agates, certaines à cassure variée et brillante. On en rencontre de blanches et de compactes qu'on a comparées à un registre de papier pétrifié; d'autres qui ressemblent, à s'y méprendre, à des poteries anciennes, etc.

La teneur des calamines diffère suivant le niveau où on les recueille :

Dans le troisième calcaire, cette teneur, assez constante, oscille entre 60 et 65 p. 100 de zinc.

Dans le deuxième calcaire, la teneur, très variable, ne dépasse pas 56 p. 100. En moyenne, elle oscille autour de 40 p. 100 et l'on a, en outre, une grande quantité de calcaires zincifères tenant 20 à 25 p. 100. Ces teneurs se rapportent au minerai calciné.

**Mode de formation du gisement.** — Si l'on veut se rendre compte du mode de formation du gisement, il faut remarquer la concentration des amas calaminaires : 1° au-dessous de chaque contact de schistes, le troisième contact seul ayant paru d'abord mériter d'être exploité, mais les deux autres renfermant également de la calamine; 2° au mur des filons d'eurite, comme le montre la coupe 236 prise au puits Serpieri. On peut constater que ces filons d'eurite sont rejetés de quelques mètres en passant du calcaire au schiste et que les amas calaminaires s'interrompent au contact. Ces derniers gisements s'appellent, au Laurium, *couches des roches filoniennes.*

Un autre point important à noter, c'est la diminution de richesse des contacts de bas en haut. Au troisième contact, se trouvent tous les travaux anciens. Les calamines y forment des masses considérables tenant de 50 à 55 p. 100 de métal, accompagnées de minerais de plomb à 2 kilogrammes d'argent par tonne. Au deuxième contact, les calamines sont généralement calcareuses et

contiennent, en moyenne, 30 p. 100 de zinc; au premier contact, on trouve surtout du fer carbonaté avec blende et galène, du plomb carbonaté, une gangue de silice, fluorine et barytine.

Enfin la localisation, en une seule région, de couches métallifères à des niveaux très distincts, en relation constante avec le degré d'attaquibilité des terrains encaissants, exclut la possibilité d'une formation sédimentaire.

L'hypothèse très vraisemblable qu'a faite M. Huet et qui a été généralement adoptée est la suivante : Un liquide minéralisateur, surgissant au fond par des fissures, est venu s'arrêter sous un toit de schistes ou d'eurite résistant, et, corrodant le calcaire au-dessous dans un séjour prolongé, a produit un dépôt d'incrustation et de substitution. Puis il a traversé les schistes par des fissures minces sans laisser de dépôt, parce qu'il ne trouvait pas d'élément attaquable et est venu s'arrêter plus appauvri sous le contact supérieur, etc.

Il est d'ailleurs manifeste que les cassures, ou diaclases, du calcaire ont donné au phénomène hydrothermal sa direction, (voir fig. 235), et il ne faut pas oublier non plus les réactions secondaires qui ont dû, sous l'action des eaux superficielles, transformer, jusqu'à une certaine profondeur, ce qu'il avait pu se déposer tout d'abord de blende, en calamine.

**Données économiques.** — Pour terminer, quelques renseignements économiques :

Le *prix de vente* de la calamine au Laurium peut s'évaluer, en appelant : V le prix de vente; P le prix du zinc; T la teneur p. 100, par la formule :

$$V = 0{,}95\ P.\ (0{,}8\ T - 1) - 65$$

D'autre part, le *prix de revient* était évalué par M. Fuchs de la façon suivante :

A. *L'exploitation* comprend : 1° Extraction, 2 fr. 50 à 5 francs par tonne, suivant que l'abatage a lieu au jour ou dans la profondeur ;

2° Poudre et outils, 2 fr. 20.

Donc le prix de revient par tonne de l'exploitation est de 4 fr. 7[illegible] à 7 fr. 20.

B. *Triage.* — Un ouvrier, payé à raison de 3 francs par jour, peut trier trois tonnes de minerai par jour en faisant deux catégories : stérile et calamine.

Le prix de revient de la tonne de calamine est donc variable avec la teneur du minerai dont on l'extrait.

Ainsi une tonne de calamine, pour une teneur du minerai en calamine de

| | 75 p. 100 | 50 p. 100 | 25 p. 100 | |
|---|---|---|---|---|
| Coûtera. . . . . | 8,91 | 13,40 | 26,80 | d'abatage ; |
| Plus . . . . . | 1,33 | 2,00 | 4,00 | de triage sur place. |
| Au total . . . | 10,24 | 15,40 | 30,80 | |

C. *Calcination.* — Les calamines de Kératea perdent de 25 à 40 p. 100 à la calcination.

Donc, 1 tonne de calamine calcinée correspond à 1$^{t}$,33 abattue. Le prix de revient de la calcination s'établit ainsi :

| | |
|---|---|
| Combustible : 10 p. 100 à 18 francs . . . . . | 1fr.80 |
| Manipulation. . . . . | 1 10 |
| Intérêt et amortissement du four . . . . . | 0 20 |
| Surveillance . . . . . | 0 70 |
| | 3fr.80 |

et on produit 0 t. 75 de calamine grillée ; 1 tonne grillée coûtera donc

$$1^{t},33 \times P + 3 \text{ fr. } 80.$$

D. *Transport au port.* — Il varie suivant le mode de transport. On peut admettre 7 francs en moyenne par tonne calcinée, en supposant 20 000 tonnes de production annuelle.

E. *Embarquement et magasinage.* — En moyenne, par tonne calcinée, 4 fr. 33.

F. *Frais généraux.* — En supposant 50 000 tonnes de production par an, on a, par tonne calcinée, 1 fr. 50.

G. *Transport à Anvers.* — Par tonne calcinée : 18 francs.

En résumé, on obtient pour le prix de revient de la tonne de minerai calciné rendue à Anvers :

| | MINERAI à 75 p. 100 | MINERAI à 50 p. 100 | MINERAI à 25 p. 100 |
|---|---|---|---|
| | Francs | Francs | Francs |
| Extraction et triage . . . . . | 13,50 | 20,49 | 40,96 |
| Calcination . . . . . | 3,80 | 3,80 | 3,80 |
| Transport au port . . . . . | 7,00 | 7,00 | 7,00 |
| Embarquement. . . . . | 4,33 | 4,33 | 4,33 |
| Frais généraux. . . . . | 1,50 | 1,50 | 1,50 |
| Transport à Anvers. . . . . | 18,00 | 18,00 | 18,00 |
| Prix de revient par tonne. . . | 48,13 | 55,12 | 75,59 |

*Bibliographie.*

1869. Cordella. — Le Laurium. (Marseille).
1869. Cordella. — Berg. u. H. Z., 1869, p. 209. (Compte rendu.)
1871. Cordella. — Description des produits des mines et usines de Laurium.
1871. Affaire du Laurium. (*Cuyper*, t. XXXI et XXXII.)
1871. Baldauf. — (B. u. H. Z., p. 318.)
1873. Nasse. — Mittheilungen uber den Bergbau von Laurium. (*Zeitschr. de B. u. h. preuss.*, t. XXI, p. 12.)
1875. Cordella. — Description des produits de Laurium et d'Oropos.
1872. Ledoux. — Le Laurium. (*Revue det Deux-Mondes*, en février.)
1878 et 1886. — Huet. — Mémoires de la Société des Ingénieurs civils.
1878. Cordella. — La Grèce sous le rapport géologique et minéralogique.
1879. Groddeck, p. 321.
*1880. Potier. — Rapport sur les mines du Laurium.
1880. Neumayr. — (*Denschrift der K. K. Akademie in Wien.*)
1883. B. Simonnet. — Le *Laurium*. Etude sur les dépôts métalliques. (*Bull. de la Soc. de l'Industrie minérale*, 2e série, t. II, p. 641. Saint-Etienne, 1883.)
*1886. Huet. — Gisements du Laurium. (*Mém. Soc. Ing. civils.*)
*1887. Daubrée. — Eaux souterraines (*passim*).
1889. Rapport pour l'Exposition universelle.

## GISEMENTS DE ZINC ET PLOMB EN SARDAIGNE[1]

**Géologie générale.** — La constitution géologique de la Sardaigne est des plus complexes; on peut dire qu'elle offre un spécimen de la presque totalité des formations de l'échelle sédi-

[1] Coll. *École des Mines*, 1549, 1607, 1967, 1968.

mentaire et éruptive. Elle a été étudiée autrefois par le général La Marmora qui, pénétré des idées d'Elie de Beaumont, avait cru pouvoir y retrouver tous les divers soulèvements de montagnes. Récemment, MM. de Castro, Zoppi, Testori, Mazetti, Traverso, ont publié, sur elle, d'importants travaux, auxquels nous aurons recours.

On peut constater, dans ce pays, la trace d'au moins 4 dislocations successives[1] :

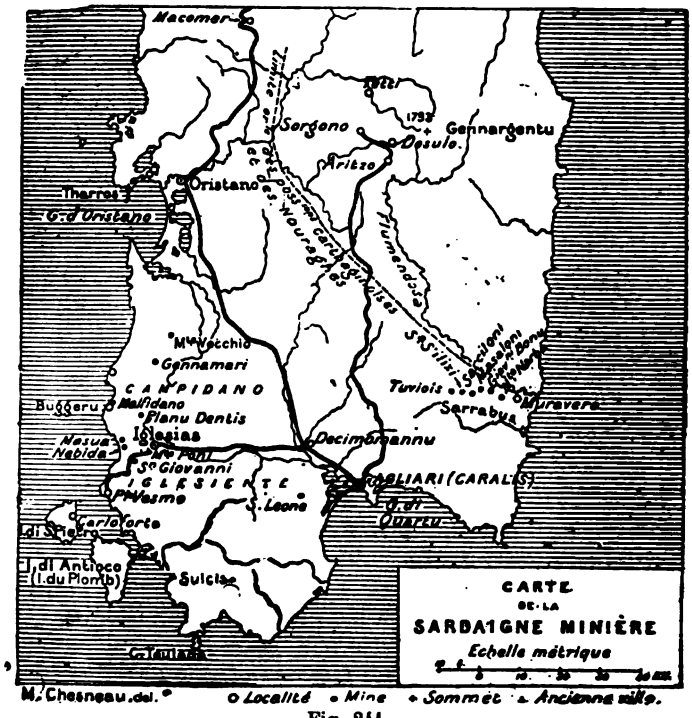



Fig. 241.

Un premier mouvement s'est produit à la fin du dévonien ; le calcaire carbonifère et le permien manquent dans l'île. Puis le jurassique est séparé du crétacé par une discordance. Plus tard, à la fin de l'époque nummulitique, les assises secondaires ont été redressées (époque probable de la venue des serpentines de Corse).

[1] La description des mines de Sardaigne a été écrite principalement d'après les notes d'un voyage fait par nous en 1891. Nous avons également utilisé les travaux des géologues italiens et le journal de voyage inédit de M. Friedel, ingénieur des mines.

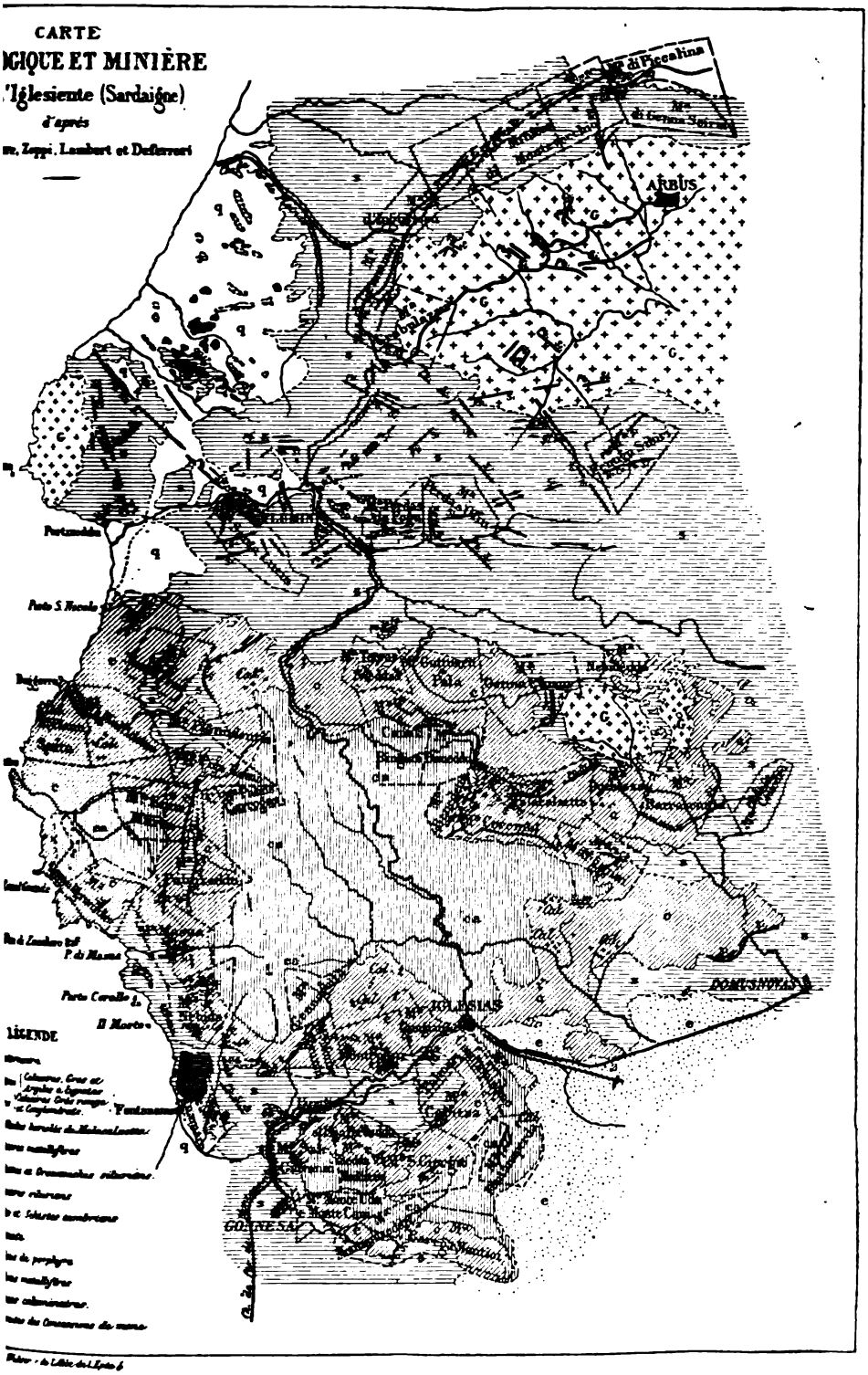

CARTE
GIQUE ET MINIÈRE
'Iglesiente (Sardaigne)
d'après
m. Zoppi. Lambert et Defferrari
ARBUS
IGLESIAS
GONNESA
DOMUSNOVAS
LÉGENDE

Fig. 242.

Enfin, à l'époque du soulèvement des Alpes, une grande dislocation est caractérisée par la formation du détroit de Bonifacio.

Les mouvements dévonien, permien et tertiaire, semblent, comme dans la plus grande partie de l'Europe, avoir été accompagnés de formations métallifères. Toutefois, dans cette île et principalement dans la province d'Iglesias (fig. 242), les gisements métallifères sont, pour la plupart, concentrés dans le terrain silurien, principalement dans les calcaires de cet âge et peuvent être, par suite, considérés probablement comme de formation ancienne [1].

On a distingué, d'une manière générale, trois districts miniers en Sardaigne (fig. 242) :

1° Au Sud-Ouest, la province d'Iglesias, de beaucoup la plus importante ;

2° Sur la côte Nord-Ouest, la région, très secondaire, de la Nurra (mines d'Argentière) près d'Alghero ;

3° A l'Est de l'île, les massifs du Sarrabus (argent, galène argentifère et blende), (fig. 241) dont nous parlerons à l'occasion de l'argent, de l'Ogliastre et Lulla.

Nous nous bornerons à une description un peu détaillée de la province d'Iglesias, qui est le grand centre de production du zinc et du plomb en Sardaigne.

Cette région comprend, au Nord, le massif granitique d'Arbus, enveloppé de schistes et grauwackes siluriens, dans lesquels se sont ouverts les filons de Montevecchio, Gennamari, etc..; plus au Sud, des grès, quartzites et schistes cambriens, entourés par la formation de calcaires métallifères, où sont presque tous les amas calaminaires et qu'on rapporte au silurien. Un lambeau de trias apparaît à l'Ouest, d'Iglesias à Fontanamare.

A travers ces formations, les filons de galène argentifère et de blende sont extrêmement nombreux ; souvent ils épousent les con-

[1] Nous nous contenterons de mentionner un fait, encore mal étudié, qui pourrait modifier singulièrement les idées reçues sur l'âge des zincs sardes. A *Lulla*, près du mont Albo, d'après M. Mazzetti, Ingénieur des mines italien, on a trouvé de la calamine dans une dolomie à la base du crétacé, entre le crétacé et les schistes cristallins ; la dolomie zincifère étant concordante avec le crétacé, très discordante avec les schistes. Ajoutons encore, pour ceux qui persistent à soutenir la formation contemporaine du minerai de zinc et d'un certain calcaire silurien dit métallifère, qu'en plusieurs points, notamment à Canal grande, la calamine se trouve dans le cambrien.

tacts entre les calcaires et les schistes, ou entre deux calcaires de compacité différente ; d'autres fois, ils forment, dans l'intérieur d'une couche, de véritables fractures. A ces filons sont associés fréquemment des amas calaminaires, contenant encore parfois un peu de galène.

D'une manière générale, la connexion entre les gisements de galène argentifère et de calamine[1] est tellement intime (l'un ou l'autre des deux corps pouvant se développer presque exclusivement dans telle concession, mais, en général, les deux étant mélangés) ; en outre, la relation d'origine entre la calamine et la galène est si manifeste à notre avis que nous ne séparerons pas ces substances dans la description et que nous traiterons, dès à présent, des mines de plomb de la province.

Conformément à une loi déjà énoncée, l'allure des gîtes est en relation nette avec la nature des terrains encaissants. Dans les terrains imperméables, on ne trouve pour le zinc, que des filons d'incrustation minces, pour la plupart inexploités ; tous les beaux gisements de zinc sont dans des calcaires.

Parmi ces gîtes, on peut encore distinguer les filons proprement dits, soit de fracture, soit de contact, où le remplissage est, le plus souvent, formé par de la galène, et les amas calaminaires. Nous commencerons par les premiers qui permettent d'expliquer plus aisément les seconds. On y remarque quelques lois d'ensemble :

D'abord la disposition des minerais plombifères dans les filons par colonnes riches est des mieux développées et peut être étudiée fructueusement en plusieurs points (San-Benedetto, Monteponi, etc.) ; on a cru remarquer, en outre, que, dans un filon donné, la proportion d'argent était d'autant plus forte que l'irrégularité était plus grande (?) ; puis la teneur en argent semble, d'une façon constante, diminuer en profondeur, en même temps que la proportion de blende augmente souvent : par suite, au voisinage de la surface, on trouve les beaux amas calaminaires (carbonates et silicates), qui d'ailleurs n'affleurent pas toujours ;

[1] Le développement des amas calaminaires est en relation incontestable avec la présence de terrains calcaires et le voisinage de la surface ; une part essentielle revient, dans leur production, à l'action des eaux superficielles sur un dépôt initial de blende.

plus bas, ces amas se terminent souvent par une simple fissure argileuse et l'on a des filons de galène où le zinc reprend sa place sous la forme de blende.

Si nous examinons l'allure des principaux filons, nous trouvons, d'abord, au Nord, un filon de galène recoupant tout le terrain schisteux ancien, et exploité, sur plus de 3 kilomètres de long, sous différents noms, dans les concessions de Montevecchio, Perdixeddosu, Ingustosa, Gennamari, etc... Ce filon, sur la description duquel nous reviendrons tout à l'heure, contient très peu de blende.

Au Sud du massif granitique, on rencontre un autre groupe de filons N. 45° à 65° O.

Ces deux groupes de filons semblent, en quelque sorte, envelopper la masse de granite : ce qui s'explique assez bien. Au moment des soulèvements successifs, ce granite résistant a dû, en effet, provoquer, dans les schistes adossés sur lui, des fractures, en général parallèles à son bord mais accompagnées nécessairement de déchirures obliques. Il est arrivé, comme toujours, que chaque système de cassures nouvelles faisait rejouer les anciennes et les compliquait de plus en plus. D'ailleurs le mouvement de dislocation étant, bien entendu, la conséquence de celui de plissement et les plans de schistosité offrant des lignes de moindre résistance, il s'est produit très fréquemment que les déchirures aient eu une tendance à suivre, plus ou moins longtemps, la direction des schistes; en sorte que, tout en ayant affaire à des filons incontestables, on a souvent des apparences d'interstratifications locales qui peuvent nous mettre en garde contre une fausse interprétation donnée à des phénomènes du même genre, moins clairs dans d'autres régions.

Aux environs presque immédiats d'Iglesias, nous citerons, comme gisements de galène filoniens, San-Giovanni au Sud, San-Benedetto et Malacalzetta au Nord. A l'Ouest, les mines de Nebida et de Monteponi nous offriront l'association des colonnes de galène et des amas de calamine. Enfin, au N-O d'Iglesias, nous insisterons sur la grande zone d'amas calaminaires de Malfidano, et nous terminerons par quelques mots sur divers autres amas de calamine.

# MINE DE MONTEVECCHIO

*(Filons de galène argentifère et blende dans les schistes.)*

La mine de Montevecchio, ainsi que les exploitations de moindre importance qui s'échelonnent sur le prolongement de ce beau gisement, se trouve à 30 kilomètres au Nord d'Iglesias, au Nord du massif granitique d'Arbus. Elle correspond au premier groupe de filons de galène du Nord que nous avons signalé.

Le gisement comprend 3 filons, à peu près E.-O., de pendage N. 63°, recoupant des schistes dont la direction est environ la même ; ce sont le filoncillo, le filon secondaire et le filon principal.

La figure 243 montre comment ces filons se prolongent sur les concessions voisines. Dans la première concession, le filon principal, seul exploité, a 60 mètres de puissance et son affleurement forme une énorme muraille de quartz. On y trouve, en général, deux veines minéralisées au toit et au mur ; certaines lentilles de galène pure atteignent 8 mètres de puissance ; les lentilles, en chapelet, à l'Est, deviennent irrégulières à l'Ouest. La galène de première qualité tient 80 p. 100 de plomb et 800 grammes d'argent à la tonne[1]. Ce filon a été rejeté par une cassure argileuse ouverte dans son plan même.

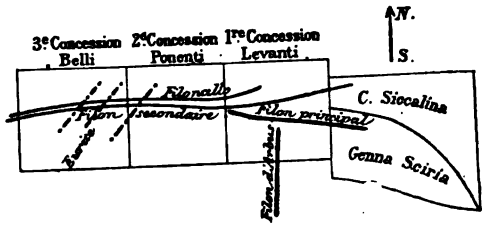



Fig. 243. — Plan des filons de Montevecchio.

En profondeur, la blende augmente et enveloppe la galène ; les filons, par une loi qu'on retrouve dans la plupart de ces exploitations, diminuent constamment de teneur en argent à mesure que l'on s'enfonce.

En 1888-89, Montevecchio a produit 12 100 tonnes de galène à 200 francs, tenant en moyenne : 750 grammes d'argent à la

[1] Sauf indication contraire, les teneurs en argent qui seront indiquées dans ce chapitre sur la *Sardaigne*, se rapporteront toujours à la tonne de minerai.

tonne de minerai pour la première concession ; 450 grammes pour les deux autres.

Le nombre des ouvriers a été de 1360 ; le bénéfice net imposé de 300 000 francs.

En 1890, l'extraction a été de 12 000 tonnes à 75,57 de plomb et 600 grammes d'argent par tonne de minerai.

## MINE DE SAN-GIOVANNI

(*Filons de galène argentifère dans les calcaires ou à leur contact avec les schistes.*)

La mine de San-Giovanni est située dans la vallée qui descend d'Iglesias à la mer, sur le versant Sud, presque en face de Monteponi. Elle a été exploitée en grand par les Pisans au XIV^e^ siècle. La société « italienne et espagnole », qui en est concessionnaire, l'a donnée en entreprise pour dix ans (1885-95) à la *Societa per imprese mineralie*.

La formule de vente des plombs argentifères à l'usine est :

$$V = \frac{(t - a)\,P}{100} + \text{Ag. p.} - \text{FP} - \text{fp} - \text{transport.}$$

(V, valeur du quintal en francs ; $t$, teneur p. 100 de plomb ; $a$, constante valant de 6 à 8, suivant les cas ; P, prix à Londres des 100 kilogrammes de plomb ; Ag, prix courant de l'argent ; $p$, poids d'argent (l'argent se paye à toutes teneurs) ; FP, frais de fusion (60 francs en général et exceptionnellement 45) ; $f\,p$, frais de la désargentation pour le plomb payé ; $\frac{t-a}{100}$, frais allant de 45 à 60 francs.

A San-Giovanni, les schistes siluriens et le calcaire dolomitique ont un contact presque vertical, dirigé Est-Ouest. Un premier filon est à ce contact ; un second (le principal) se trouve entre le calcaire dolomitique rouge et un calcaire bleuâtre qui lui succède, au voisinage d'un dyke de quartz qui sépare les calcaires de schistes argileux ; enfin, dans le calcaire bleuâtre, on trouve un troisième filon

de fracture N.30°O. Le filon de contact entre le schiste et le calcaire, pour lequel la concession a été instituée d'abord, a été épuisé jusqu'au niveau d'eau ancien, 70 mètres, abaissé à 6 mètres par une nouvelle galerie d'écoulement de Monteponi ; il y reste 64 mètres de hauteur à prendre. Ce filon contenait des galènes à 70 p. 100 de plomb et 150 grammes d'argent à la tonne de minerai.

Le gisement, situé entre les deux calcaires, est formé d'un filon assez sinueux où l'on distingue vaguement des colonnes de galène argentifère à gangue de quartz, calcaire et argile. La richesse en argent est grande. A 35 p. 100 de plomb (Normann), le minerai tient 1 800 à 1 900 grammes d'argent ; à 50 p. 100 (Umberto), il en tient 1 200. On a cru observer en Sardaigne, et en particulier à San-Giovanni, que l'irrégularité du filon se rattachait à une plus forte teneur en argent. En raison de cette teneur en argent, on ne peut pas pousser plus loin l'enrichissement, rendu difficile par l'intimité du mélange avec le quartz. Au quartier Normann (Ouest) et dans toute la partie supérieure exploitée par les Pisans, le filon a une allure bréchiforme : il contient des morceaux de calcaire entourés d'une zone de quartz, puis de galène, avec de nombreuses poches d'argile rouge. On peut remarquer qu'il renferme, à la partie supérieure, de la barytine qui disparaît lorsqu'on s'enfonce. Toutes les fracture sont remplies de calcaire à larges lames, parfois d'argile à pisolithes calcaires ; en outre, le calcaire est corrodé et percé de grandes grottes à concrétions calcaires, souvent postérieures au minerai dont elles ont suivi les lits.

En un point, en particulier, un filon de galène et blende s'est, à la rencontre d'une de ces grottes, transformé en calamine sur une certaine largeur sans s'étendre dans la grotte. On peut en conclure que les mêmes eaux superficielles qui ont creusé la grotte ont transformé en calamine la blende préexistente.

Dans les parties riches, des géodes renferment de beaux cristaux d'anglésite, de leadhillite, de cérusite, etc. Il existe quelques poches de calamine.

Quant au filon N. 30°O., il est formé de galène quartzeuse répartie en 6 colonnes.

En 1888-89, on a extrait 3 300 tonnes de galène à 35 p. 100 de plomb et 1 500 grammes d'argent, valant 250 francs ; puis, 286 tonnes

à 600 grammes d'argent et 78 tonnes à 650 grammes : soit, au total, 3 664 tonnes de galène à 35 p. 100 de plomb en moyenne.

## MINE DE SAN-BENEDETTO

*(Filons de galène argentifère avec colonnes d'enrichissement.)*

La mine de plomb de San-Benedetto est située à 7 kilomètres au Nord d'Iglesias ; elle appartient à la Vieille-Montagne, ainsi que les gisements de calamine de la Duchessa, à 5 kilomètres environ de là, à l'Est de Malacalzetta.

Les calcaires métallifères plongent sous le cambrien, composé de

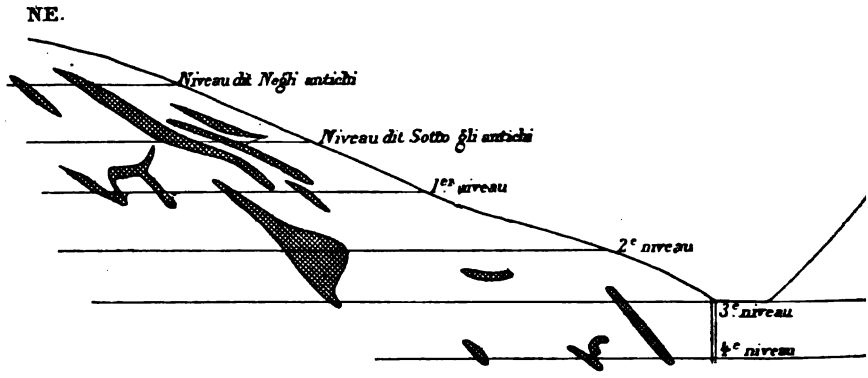



Fig. 244. — Coupe de la mine de San-Benedetto, suivant la direction du filon.

grès, grauwackes, etc... On y exploite un filon nommé San-Giovanni avec quelques veines parallèles au mur.

La galène du filon San-Giovanni est à gangue siliceuse et calcaire ; les parties autrefois exploitées tenaient 1 300 grammes d'argent ; au troisième niveau, où l'on est descendu maintenant, la teneur en argent n'est plus que de 400 grammes. La figure 244 montre comment les colonnes riches sont disposées dans le plan du filon. Le remplissage renferme également un peu de calamine et de carbonate de plomb. Aux affleurements, on avait même rencontré quelques beaux amas de calamine. Dans les veines du mur, on trouve de l'argile avec boules de galène à 70 p. 100 de plomb et 500 grammes d'argent.

L'exploitation actuelle donne environ, par an, 2 000 tonnes de galène, valant 384 000 francs, et à peu près autant de calamine. En 1888-89, on n'avait fait que 1 350 tonnes de galène et 1 068 tonnes de calamine à 35 p. 100 (65 francs la tonne).

A la *Duchessa*, l'allure filonienne est, paraît-il, assez nette ; on exploite, au milieu d'un calcaire blanc saccharoïde, plusieurs amas où le zinc silicaté domine. En 1890, on y a reconnu, en outre, un beau filon de galène.

## MINE DE MALACALZETTA

(*Filons de galène argentifère dans le calcaire.*)

Les exploitations de Malacalzetta, voisines de celles San-Benedetto, comprennent actuellement trois filons dans le calcaire : Monte-Novo, E.-O., abandonné ; Monte-Cuccheddu, N.-S., en recherches ; Malacalzetta, N.70° E., en travail.

Le filon de Monte-Novo, exploité par les anciens à ciel ouvert, se compose de diverses ramifications avec remplissage de galène, calcite et quartz.

A Monte-Cuccheddu, on a trouvé une lentille de 30 mètres de long sur $2^{m},50$ d'épaisseur formée de galène avec calcaire et quartz intimement mélangés ; d'anciens travaux jalonnent l'affleurement de ce filon sur 2 kilomètres de longueur. Enfin Malacalzetta est minéralisé par colonnes de peu de continuité en profondeur, de 100 mètres au plus en direction et de 1 mètre à $1^{m},50$ de puissance.

Les salbandes sont très nettes, mais on ne distingue jamais de filets de minerai concrétionné ; toujours le mélange de gangue et de minerai est intime. Le remplissage est formé de galène, carbonate de plomb, traces de carbonate de cuivre, quartz, calcite, sidérose, argile, très peu de baryte. Le carbonate de plomb est plus riche en argent que les galènes. On considère comme exploitables les parties qui donnent au moins 250 à 300 kilogrammes de galène à 70 p. 100 par mètre carré de galerie.

On doit, en outre, mentionner, dans des alluvions, des galets abondants de galène que l'on commence à recueillir.

Enfin, tout le calcaire des environs est criblé de petites poches de calamine à la surface.

En 1888-89, Malacalzetta a fait 2 600 tonnes de galène à 67 p. 100 et 1 000 grammes d'argent, valant, en moyenne, 250 francs la tonne et 250 tonnes à 45 p. 100 et 500 grammes. Le nombre des ouvriers était de 400.

## MINE DE NEBIDA

*(Filons de galène et imprégnations calaminaires.)*

La mine de Nebida est située sur la côte, au Nord de la plaine marécageuse où aboutit la vallée qui descend d'Iglesias vers la mer. Elle présente, dans les mêmes calcaires si souvent minéralisés en Sardaigne, une grande variété de gisements : amas de calamine, colonnes et imprégnations plombifères et calaminifères, filons véritables de fracture, contacts minéralisés.

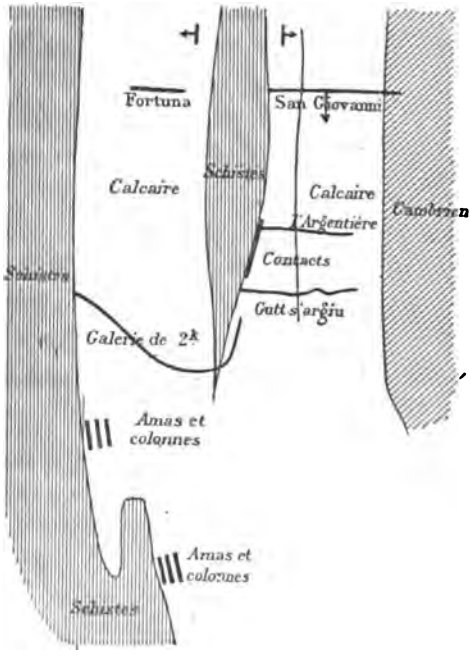



Fig. 245. — Plan théorique de la mine de Nebida (d'après M. Friedel).

Les couches de terrain sont dirigées N.-S. ; leur coupe, depuis la mer, présente : des schistes pendant vers l'Est sous des calcaires, de nouveaux schistes en forme de fuseau, des calcaires et enfin le cambrien renversé par-dessus. Vers le Sud, du côté des gisements, la lentille de schistes intermédiaires disparaît.

Certains amas de calamine forment de grandes colonnes verti-

cales où l'on a cru voir un remplissage de grottes antérieurement formées. Une galerie de recherches, menée au-dessous d'un affleurement, n'a, en effet, rencontré qu'une immense grotte tapissée de stalactites avec d'énormes cristaux de calcite.

La principale colonne, de 20 mètres sur 20 mètres, formée de calamine à 45 p. 100 crue, a été reconnue sur 180 mètres de profondeur. Ailleurs, existe une colonne de galène riche de 8 mètres de puissance, parallèle aux strates, qu'on a épuisée sur 100 mètres de haut.

Vers le Nord, se trouvent quelques filons de fracture qui ont été, en général, dépilés par les anciens. L'un d'eux, le filon *San-Giovanni*, donne encore de bons résultats. Il est très régulièrement concrétionné, contenant quartz, sidérose, quartz, galène riche. Ce filon, très net dans les calcaires, disparaît dans les schistes siluriens ; à l'Est, dans les schistes cambriens, il ne subit aucune modification, mais, au bout de quelques mètres, se perd à un rejet. Un autre beau filon, situé à l'Ouest, se nomme la Fortune ; n'affleurant pas, il n'a pas été exploité par les anciens. La galène y est très riche, elle tient, en moyenne, 7 500 grammes d'argent par tonne et jusqu'à 1,1 p. 100 au maximum. Cette galène est accompagnée de cérusite terreuse.

Enfin, le long du contact Est de la lentille de schistes, on a trouvé quelques imprégnations de contact.

Des travaux tout récents portent sur un exemple très net de substitution calaminaire ayant suivi des diaclases. On a là un croiseur Est-Ouest recoupant, en direction, un certain nombre de bancs calcaires de compacité variable. Sur 150 mètres de long, on observe que les parties les plus perméables de ces calcaires ont été, de part et d'autre du croiseur, transformées en calamine sur une longueur de 8 à 10 mètres. Tantôt le calcaire est simplement devenu zincifère (10 à 15 p. 100 de zinc) ; tantôt, tout en gardant nettement sa structure et ses zones, il s'est changé en calamine ; tantôt enfin, on a un véritable banc de calamine riche et massive. C'est un fait intéressant à rapprocher de ceux que nous étudierons à Malfidano.

La production a été, en 1889-90, de 3 800 tonnes de calamine (valeur moyenne 67 francs) ; 1 000 tonnes de galène tenant, après

lavage, 35 ou 40 p. 100 de plomb avec 7 000 grammes d'argent par tonne de plomb d'œuvre (valeur moyenne 791 francs) ; enfin 200 kilogrammes de plomb d'œuvre résultant d'un traitement sur place des minerais pauvres.

Le nombre des ouvriers était de 542.

## MINE DE MONTEPONI

(*Filon de galène avec colonnes riches et amas calaminaires.*)

La mine de Monteponi, la plus ancienne des exploitations modernes de Sardaigne, est située à 2 kilomètres environ au Sud-Ouest d'Iglesias. Elle a été exploitée activement pour plomb et argent par les anciens, les Carthaginois d'abord, puis les Romains et, au moyen âge, les Espagnols, comme le montrent une multitude de petits puits de 100 mètres de profondeur, percés aux affleurements de colonnes de plomb argentifères qui accompagnent, comme nous le verrons, la calamine.

Jusqu'en 1851, elle resta entre les mains de l'état, qui en tirait 300 tonnes de galène par an. Donnée alors à bail pour trente ans, moyennant 32 000 francs par an, puis concédée à la Société de Monteponi, elle a produit d'abord, pendant quelques années, 1 000 à 1 500 tonnes de galène valant 2 à 3 millions sur le carreau. C'est en 1867 qu'on attaqua, en outre, les calamines ; mais, jusqu'en 1887, on ne vendit que les minerais riches triés à la main, en accumulant les menus. Aujourd'hui, ces minerais riches sont à peu près épuisés ; mais une laverie, mise en marche en juillet 1887, traite avec fruit les menus.

La mine est dans une montagne arrondie de 360 mètres de hauteur au-dessus de la mer. Cette montagne est formée de calcaires métallifères N.-S. sur lesquels reposent, par l'intermédiaire de calschistes à débris de trilobites, des schistes siluriens. Le gisement se compose de deux parties bien distinctes : la zone des colonnes plombifères au Sud, la zone des calamines au Nord.

Les *colonnes plombifères* suivent les plans de stratification des calcaires qui plongent légèrement vers l'Est (fig. 247 et 248). Dans

ces plans, elles pendent avec des angles divers (de 35 à 55°) vers le contact des schistes. Elles présentent une continuité remarquable dans le sens de la longueur avec beaucoup de variations

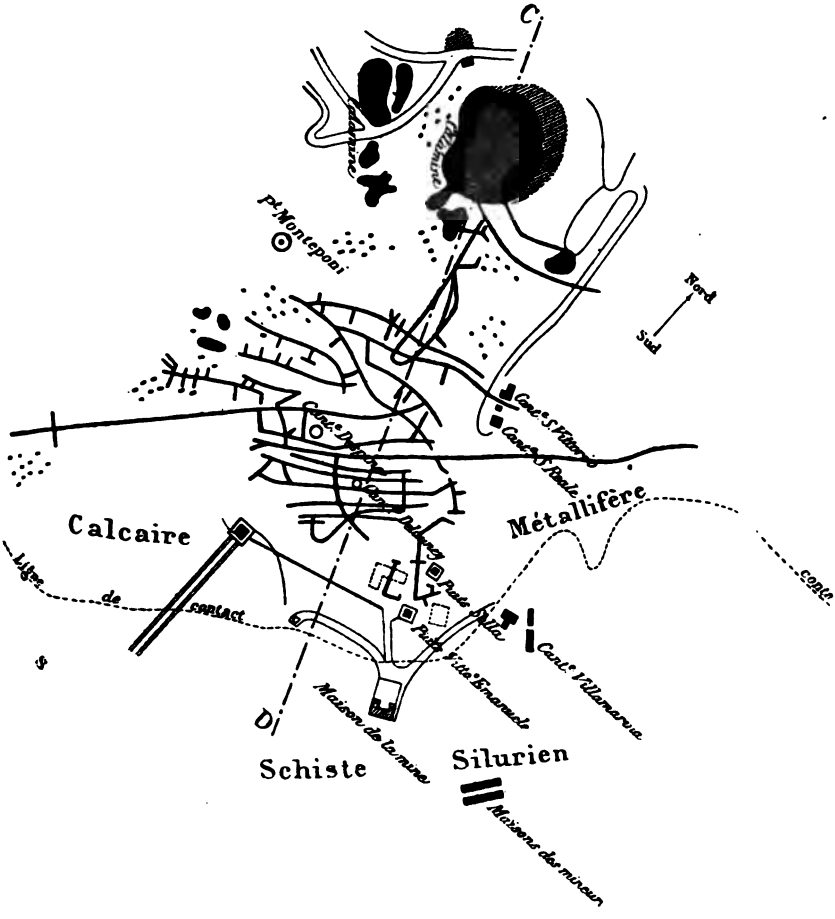



Fig. 246. — Plan de la mine de Monteponi (d'après M. Zoppi).
Echelle au $\frac{1}{10.000}$.

comme puissance et richesse. Généralement elles sont plus larges dans le sens des plans des couches calcaires que dans le sens perpendiculaire. Leur remplissage est principalement de la galène avec un peu de calamine disséminée. Cette galène se présente en lentilles de minerai compact et pur à 82 p. 100 de plomb et 250 grammes

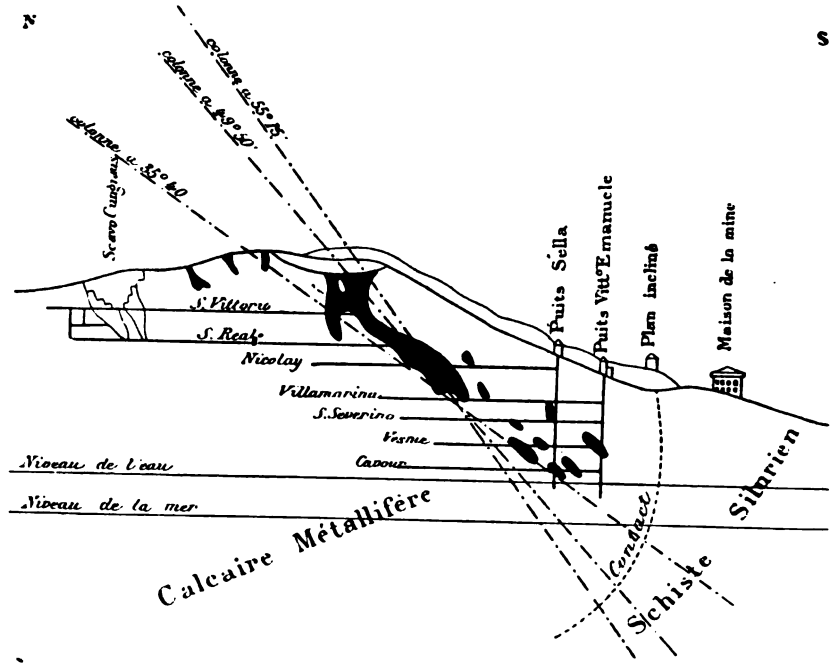



Fig. 247. — Coupe de la mine de Monteponi, normale à la direction des filons, montrant l'allure des colonnes plombifères (d'après Ed. Sella, 1873).

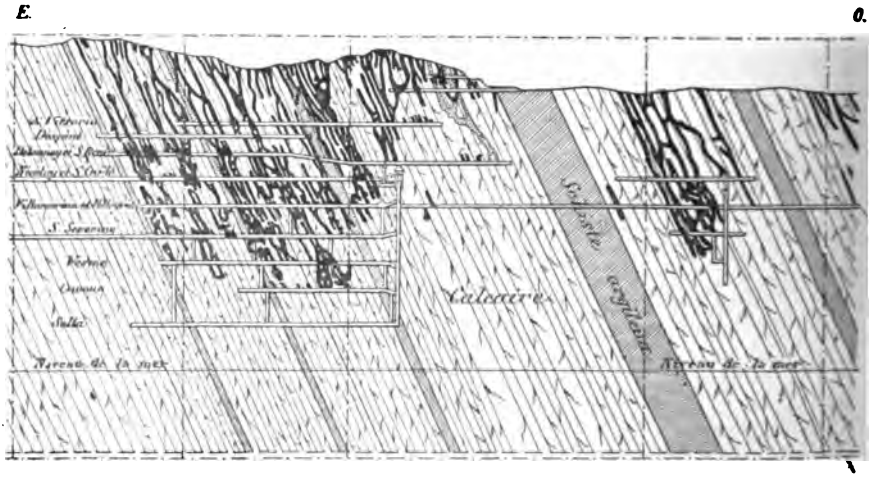



Fig. 248. — Coupe verticale CD, suivant la direction des colonnes plombifères à Monteponi (d'après M. Zoppi).

Échelle au $\frac{1}{10.000}$.

d'argent en moyenne par tonne de minerai [1] ; la seule impureté qui s'y rencontre consiste dans quelques noyaux de pyrite de fer. Chaque lentille de galène est entourée d'une zone d'oxyde de fer jaune ou d'argile ferrugineuse ; parfois pourtant, cette enveloppe n'existe pas et la galène touche le calcaire ; c'est dans ces points que l'on trouve les beaux cristaux de cérusite, anglésite et phosgénite bien connus. Les *calamines* se présentent en veinules dans les calcaires environnants ; mais elles sont peu développées. La véritable zone des calamines est plus au Nord ; de ce côté, les calcaires prennent un aspect décomposé particulier et l'on voit la calamine apparaître par filets interstratifiés ou suivant les diaclases, en mettant en évidence, de la façon la plus nette, les phénomènes de substitution qui lui ont donné naissance. Quelques échantillons, rapportés à l'École des mines [2], montrent la formation de véritables brèches à veines calaminaires englobant du calcaire plus dur. Ainsi se sont constituées des masses de calamine qui atteignent 40 mètres de puissance. Elles s'appauvrissent et se terminent en pointe vers le bas. La plupart sont épuisées et la principale des exploitations anciennes présente aujourd'hui l'aspect d'un grand entonnoir vide de 200 mètres sur 120.

Ces calamines ne sont pas très riches ; elles contiennent, en moyenne, 35 p. 100 de zinc et arrivent à 45 ou 47 après calcination. Elles sont accompagnées de beaucoup d'oxyde de fer qu'on en sépare au moyen d'électro-aimants après l'avoir fait passer à l'état de fer magnétique. En outre, la proportion de manganèse est assez forte. On en distingue deux sortes : carbonate concrétionné ou cristallisé en très petits cristaux ; silicate très léger, sonore, ferrugineux [3]. La calamine des colonnes de plomb se trouve également sous ces deux formes, mais le silicate y est plus fréquent, surtout

[1] La teneur atteint 1/2 p. 100 en argent par endroits. Ce sont des parties riches de ce genre que les anciens avaient exploitées aux affleurements. Il est à noter que, là où la galène a été changée en carbonate à la surface, plus elle est friable et passe à l'état de grains fins dans le triage, c'est-à-dire plus elle a été décomposée, plus elle est argentifère. On l'explique par une action analogue à celle de la cémentation, l'argent des parties superficielles, transformées en carbonate, s'étant concentré sur le noyau de galène.

[2] Coll. 1549.

[3] A la surface des amas de Monteponi, l'hydrocarbonate de zinc blanc était abondant.

dans les parties argileuses. Enfin, dans les amas calaminaires du Nord, se trouve mélangé intimement du carbonate de plomb avec les calamines carbonatées. La difficulté de séparer ce mélange a été, avec l'abondance des venues d'eau, un grand obstacle à l'exploitation.

Ce gisement semble, comme celui du ravin de Malfidano[1], en relation avec des brèches calcaires et ferrugineuses qui se prolongent avec régularité en profondeur. Dans ces bancs de brèche, on trouve des morceaux de galène et pas trace de calamine; comme, en outre, lorsque les deux minerais sont réunis, la calamine enveloppe souvent la galène, il semblerait en résulter que la galène est antérieure à la calamine. Ces bancs de brèche ont pu jouer un rôle de direction sur les eaux minéralisantes. Il existe, de plus, à Monteponi, des fentes profondes remplies par la surface, contenant de l'argile que les compressions ont rendue schisteuse, avec des fragments de lignite. Ce lignite, et les fossiles qu'on trouve avec lui, semblent prouver que la mer éocène a recouvert le gisement.

L'exploitation se fait à ciel ouvert. Elle fournit environ 4 000 tonnes de calamine riche allant à 55 p. 100 après calcination ; de plus, la laverie en produit 10 à 12 000 tonnes. En 1889, cette calamine valait (à 45 p. 100 de zinc) 95 francs rendue à bord, plus ou moins 4 francs par unité. Une calamine à moins de 25 p. 100 n'a aucune valeur.

Le plomb est un peu négligé à cause de son bas prix ; on fait seulement 4 500 tonnes de galène (à 172 francs environ).

Cette production se décompose comme suit :

| | | |
|---|---|---|
| 2 700 tonnes galène à 80 p. 100 Pb et 200 grammes Ag. | | |
| 1 700 — à 60 — Pb et 300 à 350 grammes Ag. | | |
| 15 300 t. calamine calcinée | 1 550 t. en roche à 45-50 p. 100. Zn. | |
| | 12 142 t. laverie à 45-47 | — |
| | 1 650 t. en roche à 40-45 | — |

L'épuisement était très difficile autrefois : une galerie d'écoulement de 6 kilomètres, commencée en 1881, achevée en 1889, débite aujourd'hui 120 000 mètres cubes par jour; elle a coûté

[1] Voir plus loin, page 406.

2 millions et fait gagner 50 mètres de hauteur. Depuis 1890, on a, en conséquence, approfondi les travaux.

Le personnel est d'un millier d'hommes.

## GÎTES CALAMINAIRES DE MALFIDANO

Les exploitations de la Société de Malfidano comprennent actuellement trois groupes près du village de Bugerru : Planu-Sartu sur la côte, Malfidano et Caïtas à l'Est, plus une petite mine secondaire à Genna Arenas.

A *Planu-Sartu*, les calcaires métallifères, dirigés N. 20° E., pendent,

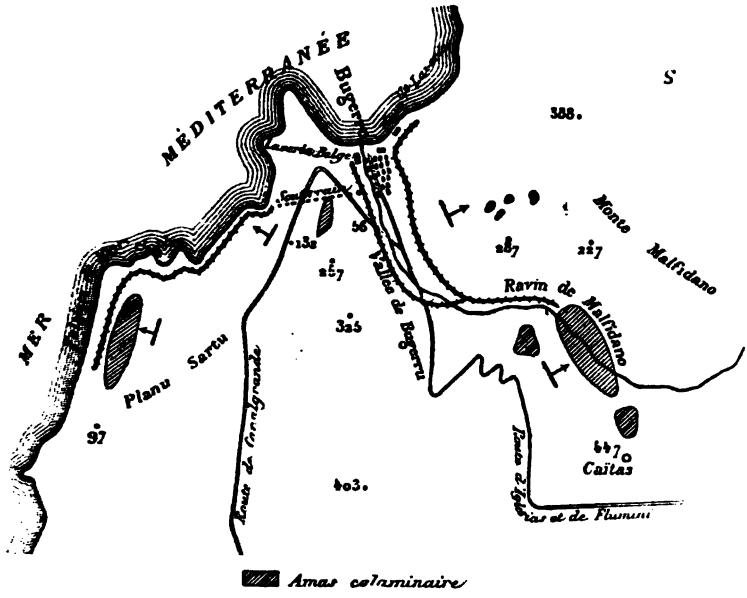



Fig. 249. — Carte des exploitations de Malfidano

avec une inclinaison régulière, de 50 à 55° vers l'Ouest. Ils forment, au-dessus de la mer, une falaise dépassant 100 mètres de hauteur. La calamine s'y trouve en veines exactement interstratifiées, veines au nombre de cinq principales qui se prolongent sur une longueur de 340 à 350 mètres en direction. Par endroits, le gîte prend l'apparence d'un véritable filon avec deux épontes bien

nettes. Le plus souvent, il est formé de bancs alternés de calamine et de calcaire. La calamine est lamelleuse, ou compacte et carriée. Sa teneur est très élevée, 45 p. 100 en moyenne, et atteint 50 p. 100.

A l'Est, une couche de minerai de fer (appelée filon de fer), qui est interstratifiée de la même façon que les calamines, limite le gîte. Dans le gîte lui-même, abondent des veines d'argile rouge ferrugineuse et calaminifère qui recoupent les couches en tous sens ; on y trouve, en outre, des veinules de quartz et galène. Dans la calamine, les mouches de galène sont fréquentes. Un filon de galène [1] puissant et quartzeux a été exploité depuis le deuxième niveau jusqu'au sixième ; il semblait également interstratifié.

Planu-Sartu, qui a été pendant un moment la mine la plus riche du district, ne fournit plus environ que 7 000 tonnes de gros trié [2] par an, sur 56 000 pour toute la Société de Malfidano.

Dans le ravin de *Malfidano* et *Caïtas* [3], les calcaires métallifères, dirigés N. 20° O., plongent à 80° vers l'Est et sont, par suite, symétriques de ceux de Planu-Sartu, comme l'expliquerait, d'après M. Friedel, la coupe ci-jointe (fig. 250).

L'importance masse de Caïtas, qui est, en ce moment, l'avenir de ces exploitations, est située dans la montagne qui domine au Sud le ravin de Malfidano. Elle ne contient jamais de blende et fort peu de galène ; à sa périphérie, elle passe progressivement, par un calcaire décomposé et calamineux de plus en plus pauvre, au calcaire stérile. Les amas de Malfidano proprement dits affleurent, au contraire, au fond du ravin, parallèlement à la direction des couches et renferment une certaine proportion de blende. Tout le long de cette suite d'amas, on trouve toujours une grande cassure de 30 mètres de large, remplie par une brèche calcaire et argileuse, cassure qui a déjà été reconnue

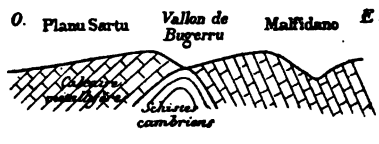



Fig. 250. — Coupe schématique de la région de Malfidano.

[1] Galène à 1 700 grammes d'argent par tonne.

[2] Non compris les terres de la laverie.

[3] Voir, plus haut, page 372, quelques remarques générales sur la genèse de ces gîtes.

sur 900 mètres de long[1]. Cette fente a deux épontes bien nettes et épaisses d'argile rouge, et passe entre les amas situés presque à son contact, les uns à l'Est, les autres à l'Ouest (fig. 251).

Ce fait intéressant paraît devoir rattacher la formation des amas à la présence de cette brèche argileuse ; peut-être, parce que le remplissage d'argile aura joué le rôle d'obstacle imperméable le long duquel seront montées les eaux.

Fig. 251. — Plan schématique des amas calaminaires de Malfidano.

Les amas calaminaires de ce groupe sont de puissantes colonnes, dont les unes ont l'aspect d'un cône renversé la pointe en bas, les autres, comme celui de Caïtas, la forme de fuseaux n'affleurant pas. Sur l'amas de Caïtas, on peut remarquer un coude brusque, au-dessous duquel une masse, dite de Malfidano, vient affleurer au jour. Cet amas atteint 80 à 100 mètres de large, 15 à 20 mètres dans le sens perpendiculaire. Les autres, qui ont tous, comme lui, un pendage marqué vers le Nord, sont de dimensions variables. Les exploitations de Caïtas sont souterraines ; celles de Malfidano, qu'on considère depuis près de vingt ans comme touchant à leur fin, sont aujourd'hui exclusivement souterraines.

L'amas de Malfidano, dirigé N.-S., est traversé par des filons de galène quartzifère E.-O. ainsi que par un grand filon ferrugineux décomposé, contenant de la galène plus ou moins carbonatée.

Il est, comme nous avons déjà eu l'occasion de le dire, situé au fond de la vallée, et recouvert par une épaisse couche d'alluvions de 10 mètres d'épaisseur, prouvant l'existence, en ce point, d'un ancien lac qui aura creusé son bassin dans la calamine plus friable que les calcaires environnants[2]. Il est possible que ce séjour des eaux ait été pour quelque chose dans la production secondaire de la calamine. En tout cas, plus on s'enfonce, plus on trouve de blende, surtout dans les parties compactes ; dans les

[1] Les éléments, non roulés, de calcaire qui remplissent la fente, semblent avoir subi une sorte de classement par grosseur, sous l'action des eaux, les plus gros étant au fond.

[2] Les blocs roulés tiennent environ 1 p. 100 de zinc.

viron 400 mètres et une épaisseur très variable, depuis quelques centimètres jusqu'à des renflements de 40 mètres dans sa partie centrale. Sa direction moyenne est Nord-Sud et son inclinaison oscille de 30 à 80°. Sa composition est aussi très inégale. Dans la zone Nord, on trouve, généralement, au contact des schistes formant le mur, une partie quartzeuse granulaire empâtant des fragments de calamine carbonatée d'une puissance atteignant au plus 1 mètre. Viennent ensuite des calcaires intermédiaires plus ou moins corrodés et imprégnés de zinc et enfin la partie importante du gîte composée de carbonates jaunes ou rouges entrecoupés par des masses ferrugineuses très compactes. Le toit est généralement formé par des calcaires décomposés au contact du gîte, puis par des calcaires durs. Dans la zone centrale, après un rétrécissement, l'aspect du gisement change; il devient plus argileux et en même temps, apparaît, au contact des schistes, le silicate de zinc en lentilles d'une puissance de 2 à 3 mètres. Dans la zone Sud, les silicates disparaissent près des schistes et sont remplacés par une partie argileuse et quartzeuse très pauvre en zinc.

La partie Nord est la plus riche et consiste seulement en carbonate de zinc. Une coupe, dans cette partie Nord, donne de haut en bas :

| | |
|---|---|
| Calcaires décomposés avec argiles et un peu de calamine . . | 5m,50 |
| Calamine carbonatée avec oxyde de fer et calcaire. . . . . | 4 00 |
| — pure . . . . . | 3 00 |
| Oxyde de fer avec un peu de calamine . . . . . | 3 00 |
| Calcaire décomposé . . . . . | 2 00 |
| Oxyde de fer avec un peu de calamine. . . . . | 2 00 |
| Calcaires décomposés . . . . . | 10 50 |

Le rendement par mètre cube du gisement calaminaire était de 500 kilogrammes de calamine.

On exploite aujourd'hui, sur cette concession, de petites poches superficielles de calamine rendant 2 à 3 000 tonnes par an.

Le gîte de *Planu-Dentis*, situé au sommet du col placé entre les deux sommets de Planu-Dentis et de Pira-Roma, se trouve dans le calcaire silurien, non loin du contact de ce calcaire avec le schiste. Il consiste en un réseau de fentes parallèles occupant la

place des lignes de stratification des calcaires, avec des masses principales formées par le renflement de ces couches et constituant des colonnes calaminaires qui diminuent d'épaisseur en profondeur. Les parties les plus riches se trouvent au contact même avec les schistes. La longueur totale minéralisée est de 250 mètres, mais 60 seulement sont réellement utilisables. La production a été autrefois de 6 500 tonnes de calamine en roche et 2 000 tonnes de terres calaminaires, plus les terres à laver.

Le gîte de *Sedda-Cherchi* est très analogue. Sa production a été de 3 500 tonnes de calamine en roche et 1 500 tonnes de terre calaminaire. Il s'est très rapidement appauvri et, au lieu de calamine en roche, on n'a plus trouvé que des terres calaminaires.

Celui de *Cucuru-Taris* est situé également au contact des schistes et des calcaires ; il comprend, au voisinage de ce contact, des amas à parois verticales correspondant à d'anciennes fractures et qualifiés de filons. Sa production a été de 7 000 tonnes de calamine en roche et 1 000 tonnes de terres calaminaires.

En résumé, la production des districts que nous avons étudiés est la suivante (1888-89) :

| | Galène | Calamine |
|---|---|---|
| Montevecchio | 12 100 tonnes | |
| San-Giovanni | 3 660 — | |
| San-Benedetto | 1 350 — | 1 068 tonnes. |
| Malacalzetta | 2 900 — | |
| Nebida | 1 500 — | 3 800 — |
| Monteponi | 4 400 — | 15 300 — |
| Malfidano | » | 60 000 — |
| Baueddu | » | 3 000 — |
| | 25 910 tonnes | 83 168 tonnes. |

En 1890, 77 mines en activité en Sardaigne ont produit : 99 400 tonnes de minerai de zinc à 11 fr. 21 et 31 705 tonnes de galène à 202 fr. 82. Le nombre des ouvriers était de 9 622.

En 1889, la production n'était que de 83 000 tonnes pour le zinc, 26 000 pour le plomb, en 1885, par contre, de 100 000 et 37 000.

*Bibliographie.*

1839. La Marmora. — Description de la Sardaigne.
1857. Bornemann. — Mines de plomb argentifère de Sardaigne. (*B. S. G.*, 2e, t. XIV, p. 642.)
1872. Sella. — (*Zeitsch. d... preuss.*, t. XX, p. 24.)
1879. Brochure sur Malfidano pour l'Expos. univ.
1879. Fuchs. — Rapport inédit sur les mines de la Société des zincs du Midi.
1879. Groddeck, p. 325.
1882. Ferraris. — Sulla formaz. metallifera della miniera di Monteponi (Torino).
1883. d'Achiardi, p. 450.
Braun. — Rapport sur la Sardaigne.
1890. Friedel. — Journal de voyage inédit à l'Ecole des mines, p. 129, etc.
1891. L. de Launay. — Notes de voyage inédites.
1892. Relazione sul servizio minerario nel 1890 (Firenze).

## GÎTES DE LA PRUSSE RHÉNANE. — BENSBERG

### (MINES APFEL, COLUMBUS, LUDERICH, ETC...)[1]

La Société de la Vieille-Montagne possède, dans la Prusse Rhénane, deux groupes de gisements de zinc : le premier près de Bensberg, le second, dans l'Eifel, près de Mayen et de Königswinter. Les gisements métallifères de la Prusse Rhénane sont à peu près exclusivement encaissés entre les assises plissées et redressées du dévonien moyen.

Le premier groupe, celui de Bensberg, se trouve au contact des schistes dévoniens, dits *Lenne schiefer*, avec les calcaires de l'Eifel situés au-dessus et surmontés eux-mêmes par les schistes et psammites bariolés qui constituent le terrain stérile à Moresnet.

Le second groupe est situé dans les schistes, grès et grauwackes à spirifères du *Coblentzien* (spiriferen sandstein) séparés des précédents par les schistes dits de Wissembach.

Ces deux catégories de terrains encaissants, les Lenne schiefer

[1] Coll. *Ecole des Mines*, 1699.

et le Coblentzien, présentent de grandes analogies de structure. Ils sont, tous deux, composés de schistes, tantôt argileux, tantôt micacés, alternant avec des grès plus ou moins cimentés et présentant tous les degrés d'agglutination depuis le grès arénacé presque entièrement meuble jusqu'à la grauwacke la plus compacte. Cependant les gîtes ne s'y présentent pas dans des conditions semblables ; le premier possède des dépôts métallifères importants d'une exploitation durable, le second ne semble contenir que des gisements superficiels.

On sait, d'une manière générale, que les fractures filoniennes sont d'autant plus nettes que les terrains présentent une schistosité et une plasticité moindres et que les amas calaminaires sont d'autant plus importants que les terrains traversés sont plus facilement attaquables. Nous retrouverons, dans la Prusse Rhénane, une preuve nouvelle de cette vue théorique.

Un premier type de gisements dans les schistes nous montre de nombreuses veinules pauvres et difficiles à poursuivre : c'est le cas à *Silbersand* et à *Luderich ;* quand le schiste acquiert une certaine cristallinité, nous avons les filons plus nets du district d'*Apfel Columbus.*

La grauwacke est trop résistante pour donner ainsi des fractures éparpillées ; mais sa perméabilité permet, en revanche, souvent, aux épanchements métallifères, de s'étendre hors de la fissure (qui passera inaperçue) pour minéraliser, au voisinage, toute la masse, et ce phénomène est d'autant plus marqué que le terrain recoupé a un pendage plus voisin de celui de la fracture. La gangue (et en particulier le quartz) joue alors le rôle d'un ciment qui augmente la compacité de la grauwacke, tandis que les métaux, s'infiltrant dans la roche, y forment des concrétions de toutes grandeurs, depuis les mouches très fines de Luderich et d'Altglück jusqu'aux rognons de plusieurs décimètres de diamètre trouvés à Franciska au Sud-Est de Luderich. Lorsque la grauwacke a été ainsi imprégnée après coup et non à l'époque du dépôt même, la zone d'imprégnation est toujours très restreinte.

Quant au rôle joué par les calcaires dans ces formations, nous en avons assez longuement parlé au Laurium ou en Sardaigne

et nous aurons assez l'occasion d'y revenir à la Vieille-Montagne pour ne point nous en occuper ici.

On a cru remarquer, dans le district de Bensberg, une direction de fracture N. 100 à 110°.

Le remplissage présente, dans tout son ensemble, une uniformité assez remarquable : blende brune, galène et quartz avec parfois un peu de fer spathique, de chalcopyrite et de cuivre gris. Quand ce dernier fait défaut, il paraît remplacé par des minéraux arséniés ou antimoniés de plomb. C'est notamment le cas à Silbersand, où l'on a constaté, dans toute la partie Sud du filon, la présence de la boulangérite (antimonio-sulfure de plomb). On peut remarquer que le carbonate de fer et ses associés antimonieux, lorsqu'ils se rencontrent, sont généralement nettement cristallisés et probablement antérieurs à la blende et à la galène qui les enveloppe. En outre, il s'est produit postérieurement des phénomènes de réouverture et de recristallisation qui ont amené pour la blende, beaucoup plus soluble que la galène, la formation de belles concentrations géodiques dans les mines de Columbus, Luderich et Silbersand.

Les teneurs en argent par tonne de plomb d'œuvre sont à peu près les suivantes :

| | | |
|---|---|---|
| Altglück | 400 à 450 | grammes |
| Castor | 500 | — |
| Silbersand | 500 | — |
| Luderich | 550 à 600 | — |

Examinons maintenant quelques gisements en détail.

1° *Groupe du Siebengebirg : Altglück. Ariadne.* — Le gisement d'*Altglück*, intercalé, comme nous l'avons dit, dans le coblentzien, présente, dans la partie actuellement exploitée, une direction N. 40° E. Les premiers travaux portaient, au contraire, sur une grauwacke imprégnée. On remarque que les schistes ont, au voisinage du gîte, perdu leur cristallinité pour prendre une texture argileuse et une couleur grise, sans doute due à la présence d'un peu de pyrite. C'est un fait qui se retrouve à Silbersand. Le minerai est presque exclusivement formé de blende avec un peu de galène ; la gangue est quartzeuse. Vers l'extrémité S.-O., le filon

a été recoupé par un dyke trachytique, au delà duquel il se poursuit en son allure normale, mais en devenant rapidement trop pauvre pour être exploitable. En profondeur, le gisement, dont la partie riche se trouvait dans la grauwacke, entre dans le schiste à 10 mètres environ au-dessous de la galerie d'écoulement et se disperse en une série de ramifications sans valeur. Le gisement d'*Ariadne*, situé à 1 kilomètre environ de celui d'Altglück, a été peu exploré.

2° *Groupe de l'Eifel et de la Moselle; Silbersand.* — Le gisement de Silbersand est, comme celui d'Altglück, enclavé dans le coblentzien. Il comprend une série d'amas métallifères que M. Fuchs regardait comme produits par deux filons distincts. C'est à l'intersection des deux filons ou amas du Nord-Est qu'avaient été placés les travaux anciens sur des affleurements de blende, galène, cuivre gris, quartz, fer spathique et boulangérite. La galène et la blende paraissent provenir de l'un des filons, les minéraux arséniés et antimoniés de l'autre. Les filons proprement dits sont, en général, éparpillés dans les schistes pauvres et inexploitables, et ne se sont enrichis qu'à ce croisement ou à la rencontre de fractures secondaires ayant formé l'amas du Sud-Ouest. Après épuisement des amas, cette mine a dû, croyons-nous, être abandonnée.

En dehors de ces gisements plus particulièrement étudiés par M. Fuchs, on en trouve quelques autres semblables dans la même région : ainsi à *Eiringhausen*, près Altena, des amas calaminaires de contact entre les schistes et les calcaires, des amas analogues sur le Wupper, dans le district de Düsseldorf, et à *Rösenbeck* dans le district d'Arnsberg.

Le type des filons de blende minces dans les Lenneschiefer se présente en plusieurs points du pays de Siegen, de Mulheim et autres : ainsi (en dehors de Bensberg), à Overath, Immekeppel, Altenbruck.

Nous rappellerons, d'ailleurs, à cette occasion, que ce genre de filons contenant, soit de la blende, soit de la galène, et plus généralement de la galène, est abondant en divers points de l'Allemagne dans les terrains plus anciens, les granites et les gneiss : parmi ceux où la blende est exploitée avec fruit, on peut citer Wies-

baden et Arnsberg sur le Rhin; Schonau ; Johannengeorgenstadt et Freiberg en Saxe.

Le dévonien moyen comprend encore, en Westphalie, des gisements de zinc dont nous devons dire quelques mots : ce sont ceux de Brilon et Iserlohn.

A *Brilon*, les calcaires dévoniens sont traversés par des fentes très irrégulières qui s'épanouissent parfois, fentes remplies d'argile et contenant de la calamine, de la galène, de la blende et de la pyrite. A *Iserlohn*, les minerais les plus riches se trouvent toujours au contact du calcaire de l'Eifel avec les schistes de la Lenne sous-jacents. La présence de fossiles transformés en calamine, et de pseudomorphoses de calcite en calamine, établit très nettement la formation de ces gîtes par substitution. Le remplissage des poches est composé de calamine avec galène, blende, pyrite, calcite et résidu chimique argileux. Les parois calcaires sont toujours arrondies, friables, comme rongées. En profondeur, la blende devient prédominante et, comme la calamine, minéralise des fossiles ou pseudomorphose de la calcite. A *Bergish Gladbach* [1], la calamine se trouve dans des entonnoirs ayant jusqu'à 22 mètres d'épaisseur et dont elle tapisse les parois sur 1 mètre d'épaisseur, avec imprégnations de galène. Elle est associée, comme cela arrive souvent, avec du gypse. L'entonnoir lui-même est rempli par une argile grise oligocène contenant du lignite.

### *Bibliographie.*

1846. Rivot. — Sur la houillère et les mines de zinc de Stollberg (Prusse Rhénane). (*Ann. d. M.*, 4e, t. X, p. 469.)

1849. Rivière. — Filons de blende et galène dans la grauwacke (Prusse Rhénane). (*B. S. G.*, 2e, t. VI, p. 17.)

1850. Castendyck. — Sur Brilon. — (Berg. u. H. Zeit., 1850, p. 689.)

1860. Trainer. — Sur Iserlohn. — (Verhandl. d. naturh Verein d. preuss. u. Westf., 1860, p. 261.)

1871. Gallus. — (*Ibid.*, p. 63.)

1873. Von-Dechen. — Die nutzb. Mineralien u. Geb. in Deutschl., p. 524.

1879. Groddeck, p. 325.

Fuchs. — Notes de voyage inédites.

1883. d'Achiardi, p. 458.

[1] Huet. *Zeitsch. d. d. geol. Gesellsch.*, t. IV, p. 571.
1879. Groddeck, p. 326.

## GISEMENTS DE ZINC DANS LE CARBONIFÈRE

### PRUSSE RHÉNANE, DENBIGHSHIRE ET FLINTSHIRE

L'Allemagne comprend quelques gisements de zinc, situés dans le calcaire carbonifère, qui se rattachent assez directement à ceux post-houillers que nous étudierons bientôt en Belgique. Aux environs d'Aix-la-Chapelle, à Nerim et à Eupen, on exploite la calamine ; des filons de blende existent aux environs de *Hastetenrath*, *Busbach*, *Hassenberg*, *Walheim*, *Walhorn*, *Lontzen*, *Lauersberg*, sur la rive gauche du Rhin.

En *Angleterre*, le calcaire carbonifère produit également une certaine proportion de calamine : à Minera, dans le Denbigshire et à Neuthead dans le Cumberland.

## CALAMINES DE BELGIQUE

### VIEILLE-MONTAGNE, WELKENRAEDT, ETC.[1]

Les gisements de zinc et de plomb, groupés autour de Moresne en Belgique, dans une zone de 150 kilomètres de long comprise entre Aix-la-Chapelle et Philippeville et dont le fameux amas calaminaire, successivement nommé *Vieille-Montagne, Altenberg*, et *Kelmisberg*, forme le centre industriel, présentent des apparences très diverses ; aussi les a-t-on souvent classés en un certain nombre de catégories distinctes. En réalité, leur mode de constitution s'explique très aisément, comme pour tous les dépôts de même genre, par l'action d'eaux thermales amenées par des fractures sur des terrains inégalement résistants composés de grès, schistes et calcaires, et, plus tard, par un métamorphisme superficiel.

Si l'on examine une carte géologique du district, on voit (fig 253) qu'il est formé d'un certain nombre de plis de dévonien, de carbonifère et de houille recouverts par du crétacé discordant. Ces

[1] Coll. *Ecole des Mines*, 1565.

plis, qu'on doit rattacher au grand plissement du Hainaut, sont si multipliés qu'une droite allant de la mine Rudolph à celle du Bleiberg en recoupe 8 en 10 kilomètres. En outre, des érosions postérieures, ayant creusé des vallées à travers ces terrains crétacés, ont fait, en quelques points, reparaître, au-dessous d'eux, les terrains anciens minéralisés. Il est évident, d'ailleurs, que ces creusements de vallées n'ont pu mettre à découvert qu'une faible

Fig. 253. — Coupe N.-O. S.-E. de la Vieille-Montagne (d'après Max Braun).
*h*, houiller. — *c*, carbonifère. — *d*, dévonien.

proportion des amas de calamine cachés au-dessous, et que la plus grande partie de ceux-ci se trouve, par suite, perdue pour l'industrie humaine.

Les gîtes métallifères sont en relation avec un certain nombre de fractures dirigées N.N.O.-S.S.E. qui traversent les terrains anciens et qui paraissent avoir donné passage aux eaux minérales. Max Braun a depuis longtemps remarqué que les amas se concentraient de préférence sur les points d'intersection de ces failles avec les limites des terrains [1].

Quelquefois les failles elles-mêmes sont métallifères dans le calcaire, et le filon du Bleiberg, un des plus importants du pays, en est un exemple, ainsi que les filons du Breiniger-Berg, près de Stollberg. Dans le terrain houiller, les grauwackes et les schistes, les fractures sont, au contraire, stériles. On peut admettre que, lors des mouvements du sol qui ont préparé la venue des sources métallifères, les roches plastiques, comme les schistes houillers et dévoniens, ont subi plutôt des froissements de détail que des dislocations d'ensemble, tandis que les roches résistantes, calcaires et grès, étaient obligées de se fracturer. Grès et calcaires ayant opposé eux-mêmes une inégale résistance, les fentes se disloquent en passant de l'un à l'autre; ainsi, au Bleiberg, on voit une faille,

[1] Au Laurium, en Sardaigne, etc., nous avons, de même, fait ressortir le rôle des diaclases.

N. 35 à 38° O. dans les grès houillers, devenir N. 45° O. dans les calcaires carbonifères.

C'est sous la forme d'amas et de couches de substitution que se présentent les principales masses calaminaires exploitées. Nous reproduisons ici, pour l'amas de Welkenraedt près d'Aix-la-Chapelle, quelques-unes des figures, devenues classiques, de Max Braun (fig. 254 à 256).

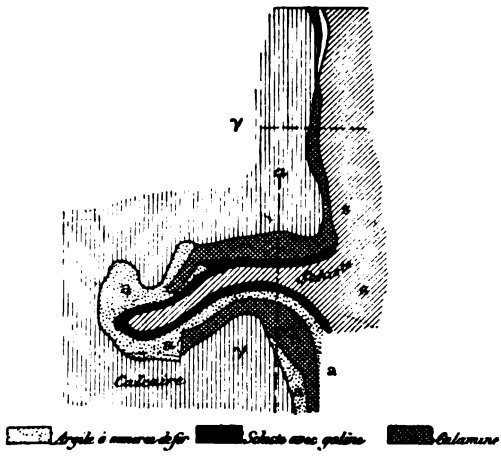



Fig. 254. — Coupe horizontale du gîte de Welkenraedt (d'après Max Braun).

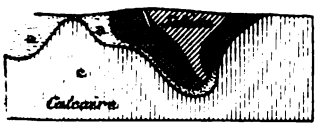



Fig. 255. — Coupe verticale suivant α β.

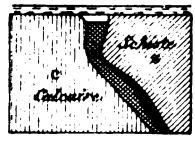



Fig. 256. — Coupe verticale suivant γ δ.

Les gîtes de cette région peuvent fournir d'excellents types, d'autant plus complets qu'une exploitation, très avancée sinon terminée, les a fait généralement connaître dans toutes leurs parties.

Cet amas de Welkenraedt s'étend sur 250 mètres de long, au toit du calcaire carbonifère qu'il a totalement remplacé et au-dessous d'une couche imperméable de schistes houillers, dans des conditions qui rappellent le Laurium. Il a, comme les couches encaissantes, une très forte inclinaison et participe à leurs con-

tournements et plissements, les eaux qui l'ont formé ayant constamment suivi la bande calcaire. La partie inférieure du gîte, au voisinage du calcaire, est de la calamine tantôt homogène, géodique, lamellaire, testacée, tantôt terreuse, devenant ferrugineuse près de la surface et passant à du minerai de fer ou à une masse argileuse avec inclusions d'hématite brune. La partie supérieure, qui confine au schiste, est formée d'une argile noire contenant des rognons et des veines de sulfures métalliques, blende, galène et pyrite. Cette zone de sulfures métalliques du toit, qui représente la forme originelle du dépôt des eaux minéralisatrices, là où elles n'ont pas trouvé un calcaire à corroder, se prolonge, comme il est naturel, au delà de la zone des calamines; elle forme le toit du carbonifère sur 2 000 à 2 400 mètres. Nous avons trouvé, de même, au Laurium, au-dessous des calamines du troisième contact, une zone imprégnée de sulfures que M. Huet nous paraît avoir bien expliquée, dans ce cas, par l'arrêt prolongé des eaux thermales et leur épanchement en direction le long d'un toit de schistes qui leur résistait.

A *Philippeville*, en Belgique, on rencontre, également, la calamine sur 3 ou 4 kilomètres de longueur, entre le calcaire dévonien et les phyllades. Les minerais se présentent sous forme d'inclusions de galène et de blende dans le calcaire. Ils ont été quelquefois décrits comme des couches contemporaines du dépôt. Le fait que ces couches se retrouvent, en tant de gîtes différents, entre des calcaires et des schistes, nous paraît contraire à cette hypothèse.

Le gisement de Moresnet, successivement désigné sous les noms de *Vieille-Montagne*, Altenberg, Kelmisberg, se présente dans des conditions tout à fait spéciales : on y trouve, en effet, la calamine à l'extrémité Nord d'une cuvette de calcaire carbonifère, entre un toit de calcaire dolomitique et des schistes dévoniens, avec intercalation épaisse de dolomie quartzeuse, schistes reposant eux-mêmes sur une granulite compacte (fig. 257 à 261).

La dolomie quartzeuse, qui forme le bassin inférieur dans lequel s'adapte la cuvette calaminaire, est extrêmement poreuse, et sa perméabilité aux eaux d'infiltration de tout ordre a même apporté parfois, en profondeur, quelques difficultés aux travaux de la mine. Le calcaire dolomitique, qui est au toit de la calamine, est plus com-

pact et sa dolomitisation paraît, jusqu'à un certain point, en relation avec la formation métallifère. Il semble net que, dans ce gisement, la calamine s'est substituée localement à des bancs de calcaire dolomitique.

La ligne d'ennoyage ou thalweg de ce bassin a un plonge-

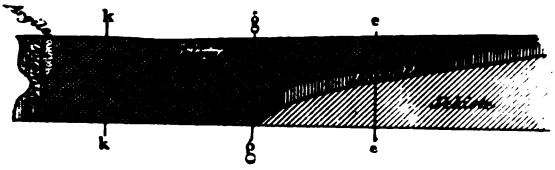


Fig. 257. — Coupe verticale du gîte de la Vieille-Montagne.

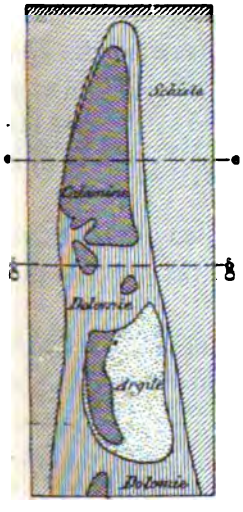


Fig. 258. — Coupe verticale à 18 mètres de profondeur (Vieille-Montagne).

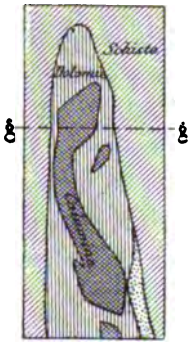


Fig. 259. — Coupe horizontale à 50 m. de profondeur.

Fig. 260. — Coupe verticale suivant *ee*.

Fig. 261. — Coupe verticale suivant *gg*.

ment qui varie de 10 à 16°. Les bords sont, au contraire, à peu près verticaux (fig. 257, 260, 261). Vers l'extrémité septentrionale, le bassin est occupé presque tout entier par la formation métallifère. Au centre, au contraire, on rencontre une intercalation de calcaire dolomitique de forme irrégulière et rognonneuse, en sorte qu'on a distingué, dans l'exploitation, deux amas : gîte Nord et gîte Sud de Moresnet, dont le premier, mesurant 340 000 mètres cubes, a produit près de 1 000 000 tonnes de calamine.

Le remplissage de ce gîte est formé par de la calamine, c'est-à-dire, dans ce cas, par un mélange compact, grenu et faiblement cristallin de silicate hydraté et de carbonate de zinc dans lequel le silicate a un rôle prépondérant; généralement, le carbonate est superposé au silicate. La galène, la blende et la pyrite ne sont qu'à l'état de traces. Dans les parties supérieures du gîte, la cristallinité est assez développée, on y a trouvé beaucoup de géodes contenant des cristaux de smithsonite, willémite, calamine et calcite. Très accidentellement, on a rencontré, soit dans le gîte lui-même, soit dans les fissures de la dolomie, quelques cristaux de gypse. Les calamines terreuses présentent souvent une structure fragmentaire qui peut faire penser que le remplissage ne s'est pas fait en une fois, mais par réouvertures successives.

Comme dernière matière de remplissage, il faut mentionner, dans les gîtes de Belgique, une argile verdâtre, la Moresnetite, qui renferme du zinc en proportions assez diverses et atteignant jusqu'à 18 p. 100. Il est possible qu'elle représente le résidu de la dissolution du calcaire.

Ce gîte de la Vieille-Montagne a commencé par une véritable colline de calamine pure exploitée à ciel ouvert. En 1882, on en a retiré les dernières bennes de minerai.

Le gîte de *Bleiberg* est intéressant, parce qu'on a pu suivre le filon au delà du calcaire et l'exploiter pour blende, galène et pyrite dans le terrain houiller.

Enfin, à *Diegenbusch*, on peut signaler l'application, plus théorique que pratique, que l'on a voulu faire de la loi autorisant à concéder, sur le même point, à des personnes différentes, des métaux divers. On s'était imaginé que la calamine et la blende pouvaient être exploitées d'une manière indépendante, la première devant se trouver au-dessus de la seconde comme un résultat d'action superficielle. Il s'est trouvé qu'en réalité la calamine existait, en bien des points, concentrée au fond de la cuvette calcaire, au-dessous de la blende et il en est résulté d'inextricables complications. Ce résultat, qui s'est trouvé juridiquement constaté, présente quelque intérêt au point de vue géologique.

*Bibliographie.*

1821. Manès. — (*Ann. d. M.*, t. VI, p. 499.)
1826. Bocesnel. — (*Ann. d. M.*, 1826, t. XII, p. 243.)
1841. Omalius d'Halloy. — (*Bull. géol.*, p. 242.)
1844. Piot. — (*Ann. d. M.*, t. V, p. 165. (Cf. v. *Leonh. jahrb.*, 1845, p. 366.)
1846. Rivot. — Sur la houillère et les mines de zinc de Stollberg (Prusse Rhénane). (*Ann. d. M.*, 4e, t. X, p. 469.)
1846. Bulat. — Etudes sur les gîtes calaminifères en Belgique.
Œunhausen. — Dans *Noggerath's Rheinland Westphalien*, t. III, p. 200.
1850. Delanoue. — Géogénie des gîtes calaminaires. (*Ann. d. M.*, 4e, t. XVII, p. 456.)
1853. Rueloux. — (*Karstens Arch.*, t. XX, p. 677.) Cf. *Ann. d. trav. publ. de Belg.*, 1849, t. VII, et 1851, t. X.
*1857. Braun. — (*Zeitschr. d. d. geol. Gesellsch.*, t. IX, p. 354.)
1863. Le gîte calaminaire de la Vieille-Montagne. (*Bull. Soc. geol.*, t. XX, p. 311.)
1873. Punnet. — On the zinc and lead mines à la Vieille-Montagne. (*Trans. of the geol. Society of Cornwale*, t. VII, p. 239.)
1874. Burat. — Géologie appliquée, II, 157.
1879. — Groddeck, p. 327.
1881. Dewalque. — Réunion de la Société géologique à Verviers.
1883. d'Achiardi, p. 456.

## GISEMENTS DE ZINC PERMOTRIASIQUES

### (CARTHAGÈNE, RÉGION ALPESTRE, WIESLOCH, GARD, VAR)

Les terrains permotriasiques comptent, dans un grand nombre de régions d'Europe, en particulier le long de la chaîne hercynienne, parmi les plus minéralisés ; les gisements de zinc, en particulier, y sont fréquents, gisements qui, suivant une remarque plusieurs fois énoncée déjà, prennent, dans les roches primitives ou les schistes, l'allure de filons de blende plus ou moins complexes, passent parfois, dans les grès, à des couches d'imprégnation assez étendues et s'étendent, dans les calcaires, en amas calaminaires.

Quand nous parlerons, plus tard, des gisements subordonnés aux terrains sédimentaires, nous aurons à mentionner : dans le permien, ceux de Carthagène ; dans le muschelkalk, ceux de la haute Silésie. Nous nous contenterons de décrire, pour le moment, ceux de la région alpestre : Raibl en Carinthie, Bergame en Lombar-

die, Wiesloch dans le duché de Bade; puis nous passerons à ceux de la bordure Sud-Est du Plateau Central français dans le Gard, la Lozère, etc., qui s'étendent à tous les terrains de la région jusqu'à l'oxfordien.

## GÎTES DE ZINC DE LA RÉGION ALPESTRE

### (RAIBL, CILLI, SAGOR, BERGAME)

On connaît, dans les Alpes orientales, au Nord et au Sud de la grande chaîne de roches cristallines Est-Ouest qui constitue les Tauern, deux groupes de gîtes plombo-zincifères d'inégale importance, appartenant aux calcaires triasiques.

Le premier se montre dans les Alpes septentrionales, dans le Tyrol bavarois; il peut être observé sur 90 kilomètres de longueur en passant par Nassereit, Inspruck, etc.

Le second se trouve dans les Alpes méridionales; il s'étend, sur 225 kilomètres environ, à travers la haute Italie, la Carinthie, la Styrie, la Carniole et la Croatie et comprend les exploitations de Ponte di Nossa (près Bergame), de Greifenburg, de Raibl, du Bleiberg carinthien, de Villach, de Klaggenfurth, etc.

Le plus important et le mieux connu de ces gîtes, grâce aux beaux travaux de Poszepny, est celui de *Raibl* en Carinthie[1].

Le trias, avec une légère inclinaison générale vers le Sud, comprend, dans cette région, de haut en bas :

Dolomie principale ;
Schiste marneux ou argileux de Raibl ;
Formation métallifère :
Tufs de Kaltwasser.

Des failles Nord-Sud y produisent des rejets de 40 à 60 mètres et paraissent, comme à la Vieille-Montagne, avoir joué un rôle dans la formation du gisement; les minerais se trouvent souvent à leur voisinage, au-dessous des couches schisteuses de Raibl qui

[1] 1873. Poszepny. *Jahrb. d. K. K. geol. Reichs.*, t. XXIII, p. 317.
1879. Groddeck, p. 334.
Daubrée. Eaux souterr., p. 10.

ont opposé à l'ascension des eaux un obstacle imperméable. Ils sont répartis dans une formation complexe, de 1 000 mètres environ, appelée par Poszepny calcaire métallifère et qui comprend, en réalité, des calcaires, des calcschistes, des dolomies et des schistes dolomitiques.

Poszepny a distingué : 1° les gîtes de galène et de blende ; 2° les gîtes de calamine.

Les premiers se trouvent principalement dans une dolomie voisine des schistes du toit, à l'état de remplissages irréguliers le long des failles. Sur la paroi de la cavité, on observe, en général, des couches concentriques de blende d'abord, puis de galène et, au centre, de dolomie (fig. 262). La barytine est rare ; la smithsonite et la céruse se présentent comme produits de décomposition. Enfin, des stalactites de galène et de blende prouvent que le remplissage a bien été opéré par la circulation de solutions métalliques dans des cavités en forme de grottes préexistantes.

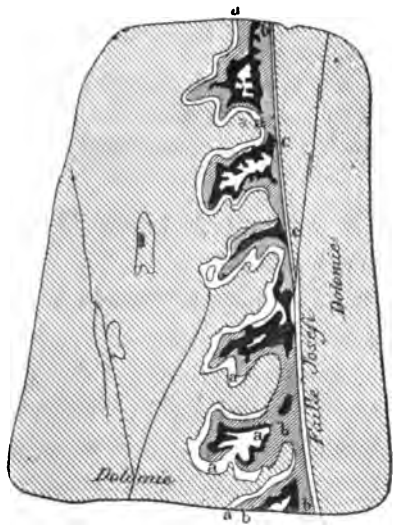



Fig. 262. — Remplissages de grottes à Raibl (d'après Poszepny).
a, dolomie spathique ; — b, blende ; — c, galène.

Les gîtes calaminaires, au contraire, se présentent comme produits de substitution le long de fentes. Souvent des fragments calcaires subsistent au milieu de la calamine ; d'autres fois, celle-ci a conservé la structure caractéristique du calcaire : c'est ainsi qu'on retrouve la forme si spéciale des cargneules (rauchwacke) du trias avec leurs parois transformées en calamine et les cellules remplies de limonite zincifère et terreuse (moth).

La calamine de Raibl est formée principalement de carbonate de zinc anhydre (calamine rouge), plus rarement de carbonate hydraté (calamine blanche), et, très rarement, de silicate.

La même région présente un certain nombre d'autres gise-

ments de zinc comparables, dont les minerais sont traités en grande partie dans des usines à zinc établies à Sagor et à Cilli, sur la ligne du chemin de fer de Laibach à Marbourg, au voisinage des grandes exploitations de lignite de Trifail, Sagor, etc.

C'est ainsi que l'usine de *Sagor* consommait, en 1883, lors de notre visite :

| | | |
|---|---|---|
| 20 | tonnes | de calamine venant de Jauken en Carinthie. |
| 12 40 | — | à 30 p. 100 de zinc (58 après calcination) d'Auronzo (près Toblach), en Italie. |
| 12 50 | — | à 40 p. 100 (après calcination) de Raibl. |
| 60 | — | — — du Bleiberg allemand. |
| 3 30 | — | de blende à 54 p. 100 (après grillage) de Raibl. |
| 4 00 | — | du Bleiberg. |
| 11 00 | — | de Deutschfeistritz en Styrie. |

A ce moment, la tonne de minerai de Raibl coûtait 55 francs rendue à l'usine.

Les minerais consommés à *Cilli* venaient surtout de Raibl, et un peu du Bleiberg.

Dans la partie italienne de cette zone métallifère alpestre, nous avons eu l'occasion de visiter des gisements de calamine à *Ponte di Nossa*, au voisinage de *Bergame*. Ces mines de Ponte di Nossa, exploitées par une compagnie anglaise, comprennent plusieurs districts, Oneta, Dossena, Oltro il Colle, Gorno et Premolo.

A Oneta, la calamine est concentrée dans les fractures et les poches d'un calcaire dolomitique à Gervillia Biplicata de 1 200 mètres de haut, situé, dans le trias, entre les couches de Raibl et les calcaires de Dachstein ; elle est accompagnée d'un peu d'argile blanche zincifère analogue à la Moresnetite et d'argile brune qui paraît le résidu d'une action chimique. Les principaux amas de calamine se trouvent souvent, comme au Laurium, comme à Raibl, etc., au-dessous d'une mince couche de schistes.

En 1890, les mines du val Seriana et du val Brembana (Vacareggio et Arera) près Bergame, ont produit 11 487 tonnes de calamine.

*Bibliographie.*

1850. Krug von Nidda. — (*Zeits. d. d. geol. Gesellsch.*, t. II, p. 206.)
1853. Carnall. (*Zeitsch. f. d. B. H... prussien.*, t. I, 1853, p. 3.)
1857. Websky. — (*Zeitsch. d. d. geol. Gesellsch.*, t. IX, 1857, p. 7.)
1870. Runge et Rœmer. — Geolog. von Oberschlesien, p. 545 et 556.
1873. Pietsch. — (*Zeits. f. d. B. H.* etc. *prussien.*, t. XXI, 1873, p. 292.)
1873. Poszepny. — (*Jahrb. d. K. K. geol. Reichsanst.*, 1873, t. XXIII, p. 317, contient une bibliographie antérieure.)
1879. Groddeck, p. 337.

# GÎTES DE ZINC PERMOTRIASIQUES DE L'ALLEMAGNE OCCIDENTALE

## (MÜNSTER, WIESLOCH)[1]

Le permien et le trias des régions rhénanes comprennent également un certain nombre de gisements de zinc.

Dans le permien, on peut citer ceux des environs de *Kümper*, *Holtkamp* et *Overmeier* dans le district de Münster, où le minerai de zinc, en amas informes, contenant de la dolomie et de l'argile, repose sur des schistes cuprifères, et ceux de *Osnabrück* où le minerai est associé à du minerai de fer et se présente dans la même dolomie du Zechstein.

Dans le trias, plus riche en calcaire que le permien, les gisements calaminaires sont en plus grand nombre ; particulièrement dans l'étage calcaire du Muschelkalk. C'est à ce niveau qu'on rattache les mines de *Wiesloch*, dans le pays de Baden, aussi bien que celles de la Silésie supérieure.

A *Wiesloch* dans la Forêt-Noire (Grand-Duché de Bade), la calamine se trouve dans des fentes transversales presque verti-

[1] 1852. Leonhards Jahrbuch, p. 907. — Cotta, p. 182. — Groddeck, p. 343. — Daubrée : Eaux sout., p. 110. — D'Achiardi, t. II, p. 459.
1881. Schmidt. Die Zinkerzläg. v. Wiesloch. (Verh. d. Nat. Med. Ver. Heidelberg, 1881. 2, 122 : Am. J. Sc., 1881, 21, 126,502, etc...)
V. Dechen, Sits. Nat. Ver. preuss. Rheinl. u. Westf. (4) 8,2,94.

cales traversant le calcaire du Muschelkalk. On y trouve de nombreux fossiles transformés en calamine. La calamine est accompagnée de blende, de limonite, de marcassite et de galène qu'on avait, comme cela est arrivé dans bien des gisements de zinc, commencé par exploiter.

La calamine est toujours plus ou moins ferrifère et ordinairement de couleur brune ; elle est quelquefois cadmifère, comme la variété dite cédrine, qui contient 3,36 p. 100 de carbonate de cadmium. Elle est tantôt en cristaux limpides comme ceux des géodes, tantôt granulaire, soit compacte, soit en stalactites et portant souvent des traces visibles de pseudomorphose postérieure : on trouve, en effet, parfois des masses de calamine conservant, au centre, un noyau inaltéré de blende qui en montre bien la dérivation. La blende est ordinairement concrétionnée; c'est surtout la variété appelée par les Allemands schaalenblende, qui forme de petites couches de diverses couleurs, de teintes pâles, dans lesquelles s'intercalent de la galène et de la pyrite et qui contient parfois, paraît-il, des restes organiques observés par Ad. Schmidt au microscope : preuve, entre bien d'autres, de son origine aqueuse.

Ces minerais, indépendamment des fractures originelles, se rencontrent encore à divers niveaux dans des calcaires dits *trochitenkalk*, en particulier entre deux couches de calcaire à encrines et y forment des lits et des bancs d'une extension irrégulière et d'une pureté variable ; on y trouve de l'argile et de la limonite, outre les autres minerais cités plus haut, qui s'y associent en proportions variables. La roche est dolomitique à proximité de la masse métallifère, dont la puissance est de 6 à 7 mètres et quelquefois plus. Le plus petit dépôt a une longueur de 140 mètres, une largeur de 70 mètres ; le plus grand a 6 à 700 mètres. Les exploitations actuelles portent sur trois niveaux métallifères situés immédiatement au-dessous de la couche supérieure à encrines, qui forme là le toit ou Deckstein.

En dehors de Wiesloch, on trouve encore des minerais de zinc, sans qu'on les y utilise, en beaucoup d'autres points de la Forêt Noire et de l'Odenwald, par exemple à *Untergrombach*, *Silberhelle* près *Bruchsal*, *Eschelbronn*, etc...

# GÎTES DE ZINC DE L'ARDÈCHE ET DU GARD

## (MERGLON, ALAIS, LES MALINES, ETC.)

Les départements français, Drôme, Ardèche, Gard, Hérault, qui longent la bordure Sud-Est du Plateau Central, bordure si rectiligne et si fortement marquée par des failles, comprennent de très nombreux gisements de métaux divers, plomb, zinc, fer, etc., en relation presque toujours bien visible avec les dislocations qui ont affecté le pays. Ces gisements se trouvent souvent dans les terrains triasiques qui longent immédiatement les roches primitives, mais ils ont pénétré également dans les terrains jurassiques : oxfordien à Merglon, bajocien aux Malines, infralias près d'Alais, etc. Beaucoup d'entre eux ont été concédés et exploités. Autrefois, un petit nombre l'ont été d'une façon fructueuse. Parmi les gîtes de zinc, le seul réellement prospère est aujourd'hui celui des Malines. Les minerais extraits, qu'on avait essayé jadis de traiter dans les usines de la Pise et du Bousquet dépendant de la société des zincs français, sont actuellement, pour la plupart, transportés en Belgique. Il existe cependant, dans l'Aveyron, deux usines à zinc, dépendant de la Vieille-Montagne, celle de Viviez qui fait la distillation des minerais de Sardaigne et de Grèce, celle de Panchot qui fait le laminage.

Nous allons passer successivement en revue, du Nord au Sud, les principaux groupes de gisements, qui sont : dans la Drôme, Merglon, en Ardèche ; Saint-Cierge ; dans le Gard, Alais, Saint-Laurent-les-Minier, les Malines, etc.

**Merglon (Drôme)**[1]. — La concession de Merglon date du 1er janvier 1889. Les gîtes exploités s'étendent sur le versant occidental de la montagne de Piémart qui forme, en face du bourg de Châtillon-en-Diois, la rive gauche du Bez, affluent de la Drôme. La montagne est constituée par des marnes et calcaires oxfordiens ayant leur pendage vers l'Est, les marnes dominant au pied, les

[1] Renseignements communiqués par M. Prost.

calcaires prenant plus d'importance à mesure que l'on s'élève. Dans ces derniers, on trouve, vers les cotes 310 à 320 au-dessus du Bez, de nombreuses poches calaminaires dont les travaux de recherche ont malheureusement montré l'arrêt en profondeur. Mais quatre de ces amas, ont, au contraire, un caractère filonien et ont permis à l'exploitation de se développer. Ils sont groupés dans un grand filon dirigé N.78°E. avec une inclinaison à peu de chose près verticale, tantôt vers le Nord, tantôt vers le Sud et dont la puissance, très variable, atteignait 10 mètres à l'avancement en 1889. Ce filon est bien caractérisé avec épontes nettes et solides, quelquefois même un peu de salbandes. Il est formé de calcite à laquelle se substitue, par places, la calamine (carbonate) disposée sous forme de colonnes inclinées, c'est-à-dire que la minéralisation se suit en bandes inclinées vers l'Est à 35° environ (inclinaison plus forte que celle des terrains encaissants). La blende et la galène s'y rencontrent, mais, jusqu'ici, à l'état très accidentel.

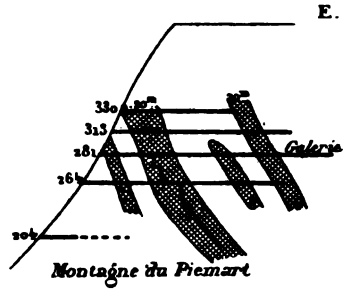



Fig. 263. — Coupe verticale du gîte de zinc de Merglon, faite suivant le plan du filon. (Cotes au-dessus du Bez au pont de Merglon )

La coupe ci-jointe (fig. 263) montre la disposition des quatre amas reconnus jusqu'à aujourd'hui.

L'amas 1 est irrégulier et pauvre ; il contient, sur 25 centimètres d'épaisseur à peine, un minerai ferrugineux, peu riche en zinc, légèrement plombifère.

L'amas 2 est le plus riche de la concession. Il a été rencontré à tous les niveaux avec une puissance variable de 0,50 à 4 mètres et une longueur assez constante d'environ 20 mètres.

L'amas n° 3 n'atteint pas le niveau supérieur ; il a 12 à 13 mètres de large au niveau de la seconde galerie où sa traversée a été de 21 mètres.

Quant à l'amas n° 4, il est très irrégulier, ne fournit guère comme minerai que des terres calaminaires, et sa puissance dépasse à peine 20 à 25 centimètres avec des étranglements nombreux.

La calamine, certainement reconnue en 1889, est évaluée à 25 000 tonnes.

Les terrains encaissants sont, dans les travaux actuels, presque uniquement calcaires.

En résumé, il s'agit là d'un gisement, calaminaire comme composition, filonien comme allure, les eaux chargées de zinc ayant docilement suivi la fracture du filon sans corroder les roches encaissantes.

La proportion de minerais extraits a été, en 1889 :

| Minerais bruts. | Blende. | Galène. | Stérile. | Calamine crue. |
|---|---|---|---|---|
| 5 715 t. | 62 t. | 28 t. | 342 t. | 5 390 t. |

Le personnel ouvrier comprend 18 mineurs et 26 manœuvres.

*Prix de revient.* — La calamine grosse triée, à 50 p. 100 de zinc, vaut, sur le carreau de la mine, environ 45 francs. Il faut y ajouter :

| | |
|---|---|
| Frais de calcination. . . . . | 4,20 |
| Transport à Pont de la Deule . . . . . | 31,25 |
| | 35,45 |

Pour les autres catégories, il faut admettre, comme pertes au lavage : 20 à 25 p. 100 pour la calamine moyenne, 55 p. 100 pour les terres calaminaires ; d'où se déduisent les valeurs, 35 et 20. Enfin la perte à la calcination étant de 30 p. 100, on trouve pour la valeur des produits à l'extraction :

Gros. . . 31,50 Menu . . 24,50 Terres . . 14,00

**Groupe d'Alais et de Saint-Laurent-le-Minier (Gard)** [1]. — Les environs d'Alais sont assez fortement minéralisés, sans que les gisements présentent, en général, une bien grande importance. Cette minéralisation a porté sur des couches perméables ou attaquables d'âge assez différent, en particulier sur une dolomie infraliasique située au-dessous d'un calcaire liasique plus siliceux, dolomie que certains sondages, destinés à rechercher le prolongement du bassin houiller du Gard, ont recoupée sur près de

[1] D'après des notes manuscrites de M. Fuchs. Voir la carte, fig. 44, t. I, p. 292.

300 mètres. L'altération superficielle des pyrites, abondantes dans cette couche, lui donne souvent une teinte rouge caractéristique qui tranche nettement sur les escarpements blancs du terrain jurassique et les teintes grises du houiller. Plus au Sud, on retrouve des gisements de zinc semblables jusque dans le bajocien (aux Malines).

Le *Groupe de Clairac*[1] est situé au Nord d'Alais, près de Bessèges. Il est formé d'une série de filons très nets, orientés N. 45 à 50° O, sur la rive gauche du Gardon d'Alais. Les roches encaissantes sont des calcaires noirs siliceux liasiques, d'aspect ruiniforme, qui ont résisté à l'imprégnation calaminaire. Ces filons sont tous situés dans le voisinage d'une grande faille qui suit les marnes du lias en contact avec les dolomies siliceuses de la base de cette formation. Le remplissage est formé de blende brune cristallisée avec mouches de galène. La calamine n'est qu'accidentelle. La longueur reconnue de ces filons était, en moyenne, de 80 mètres; leur puissance, très inégale, de 0, 15 à 1 mètre.

A *Clarpon*, près de Bessèges, on a exploité de la blende mélangée de calamine. Tout le groupe d'*Alais* proprement dit, qui a alimenté autrefois l'usine de la Pise, est assez pauvre. On est surtout gêné, pour le traitement, par le continuel changement de teneur des minerais et par la présence de la barytine, qui donne du sulfure de barium et perce les creusets.

D'une manière générale, on peut dire que, dans les remplissages sulfurés, la blende est rare et que la pyrite de fer domine de beaucoup ; nous avons parlé des gîtes de Saint-Julien[2], Saint-Florent, etc...

A *Cendras*, près d'Alais, la Vieille-Montagne a fait exploiter une assez belle couche de calamine ferreuse dans une colline dont la coupe serait, de haut en bas :

1. Calcaires jurassiques ;
2. Marnes brunâtres caractéristisques ;
3. Couche ferreuse avec calamine ;
4. Calamine et blende ;
5. Marnes irisées.

[1] Coll. École des Mines, 1972.

[2] Tome I, page 296. Voir Coll. *Ecole des Mines*, 1974.

Le *groupe de Rousson* est situé à 4 kilomètres de la station de alindres et à 12 kilomètres environ d'Alais. C'est un des gîtes s plus complexes de la région :

*A* A la Croix de Fauri, la partie métallifère est située à l'Ouest une grande faille qui met en contact le néocomien et l'oxfor-ien, ce dernier étant seul minéralisé. L'aspect des gisements a été mparé par M. Fuchs à celui des phosphorites du Quercy ; même régularité dans la forme et dans la teneur, même variété dans s poches, même appauvrissement rapide en profondeur.

*B.* Landas est à l'Ouest de la Croix de Fauri. Les gîtes sont n relation avec une grande cassure accompagnée de dénivellation, ans des calcaires d'âge très différent, oxfordien, bajocien, lias oyen. Le minerai est essentiellement formé par de la calamine oisonnée d'un rose grisâtre, tantôt compacte, tantôt feuilletée, ontenant accidentellement quelques mouches de galène et de lende.

Les terres calaminaires sont toujours fréquentes dans ces oches.

Le *groupe de Pallières* est situé à 600 mètres environ à l'Est du as d'Etzas, près du village de Saint-Félix-des-Pallières et à kilomètres environ au Nord de celui de Coste Durfort, dont nous arlerons ensuite.

On y trouve deux filons recoupant les calcaires siliceux du lias à ryphées arquées reposant sur des quartzites, eux-mêmes en con-act avec le granite. Ils sont accompagnés d'amas et comprennent alène, pyrite, blende et calamine.

Le groupe de *Saint-Laurent-le-Minier* se trouve à l'Ouest de anges, sur la rive gauche de la Visse, affluent de l'Hérault, et comprend une série de gisements, dont le seul vraiment sérieux est aujourd'hui celui des Malines, concédé en 1883. Les autres, qui ont donné lieu un moment à de grandes espérances, conservent, tout au moins, un intérêt géologique : ce sont les Avinières, Fons Bouillans, Mas Rigal, Maudesse, etc., pour la plupart abandonnés ou près de l'être. L'allure filonienne s'y juxtapose, comme dans toute cette région, à l'allure d'imprégnations postérieures ou même contemporaines.

*Les Malines*[1]. — Cette concession, qui date de 1883, et qui a acquis récemment une grande prospérité, se compose de deux parties distinctes :

1° Une série d'amas sont situés à la montagne des Malines, à quelques kilomètres des Avinières (voir plus loin) dans les dolomies de l'oolithe inférieure : horizon caractéristique de l'arrondissement du Vigan et des régions voisines de la Lozère et de l'Aveyron. Ces amas, très variés d'allure, de nature et d'épaisseur, tantôt s'infiltrent dans les cassures de la roche, tantôt font corps avec la masse calcaire dont ils englobent des blocs de volume divers. D'après M. Lodin, les amas trouvés dans ces dernières années seraient de véritables remplissages de grottes comparables à ceux de Raibl.

Ils renferment trois minerais : la calamine, la plus abondante, avec toutes ses variétés ; la blende, orangée, rouge-brun ou brune; la galène à petites ou à larges facettes. On rencontre encore la smithsonite, l'hydrozincite, la pyromorphite, l'anglésite. Ce minerai est riche et argentifère.

2° Un grand filon, dit de Castelnau, traverse les calcaires du terrain primitif sur lesquels reposent les dolomies des Malines. Ce filon, de direction E.-O., plonge vers le Sud et présente des affleurements sur 500 mètres. Il est formé d'un faisceau de cassures étroites et parallèles se soudant les unes aux autres et renfermant de la barytine, de la galène, de la blende et de la pyrite. Les anciens connaissaient ce filon, dont ils ont commencé l'exploitation en creusant l'excavation connue sous le nom de *grotte des Malines*. Il est probable que ce filon a servi de passage aux matières épanchées dans les dolomies.

On a retiré des Malines 4 à 5000 tonnes en 1886. Avec les Avinières, c'est aujourd'hui le gîte le plus important du Gard; on y a trouvé, vers 1889, des amas considérables.

*Les Avinières*. — Le gisement des Avinières est situé à une quarantaine de mètres au-dessus de la vallée qu'il surplombe. Il est limité, à l'Est, par une faille qui met en contact le calcaire oxfordien avec celui du lias. Il est formé par l'imprégnation et

[1] Coll. *Ecole des Mines*, 1971.

même par la substitution de la calamine dans une couche dolomitique faisant partie de la base du lias (fig. 264). Cette couche est comprise entre une dolomie quartzeuse et une marne argileuse, toutes deux stériles. La couche marneuse, à son tour, repose directement sur le terrain ancien sans interposition d'infralias ni de trias : superposition toute locale et due au plongement plus considérable des terrains schisteux contre lesquels ces assises inférieures viennent buter en profondeur. Plus au Nord, infralias et trias arrivent jusqu'au jour.

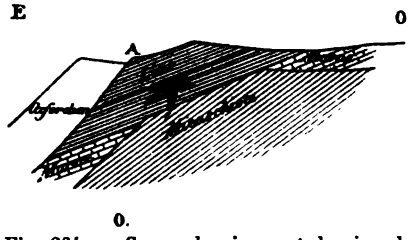


Fig. 264. — Coupe du gisement de zinc des Avinières (d'après M. Fuchs).

L'imprégnation calaminaire paraît d'autant plus intense que la largeur de la bande de terrain comprise entre la faille de l'Est et les micaschistes est plus faible. Elle atteint son maximum aux Avinières où l'on a même, à l'origine, considéré la substitution comme complète. On a trouvé, au milieu de la masse, non seulement beaucoup de terres calaminaires, mais encore d'importants blocs de dolomie non transformée. Les parties les plus riches paraissent concentrées à l'intérieur et dans le voisinage d'une série de fissures dirigées sensiblement N. 5° à 6° O.

Ce gisement, entamé en 1873, est aujourd'hui épuisé.

*Maudesse et Mas-Rigal.* — Le gisement des Avinières a pour prolongement, vers le Nord, d'abord le Mas-Rigal (peu exploré), puis Maudesse.

Au *Mas-Rigal*, on trouve également la calamine à l'état d'imprégnation et de substitution dans la même couche de dolomie du lias reposant sur les marnes bleues stériles ; mais la transformation a été moins complète, la proportion de terres calaminaires pauvres et de blende est beaucoup plus élevée, en sorte qu'on n'a fait aucune exploitation.

A *Maudesse*[1], le terrain imprégné n'est plus le lias, mais la partie inférieure des dolomies quartzeuses de l'infralias reposant

[1] Coll. *Ecole des Mines*, 1973.

directement sur les marine irisées. De plus, le minerai est presque exclusivement composé de blende renfermant de 47 à 50 p. 100 de zinc et accidentellement de 5 à 8 p. 100 de plomb.

Ce gisement a été exploité un moment par la Vieille-Montagne, qui en a retiré environ 2500 tonnes de minerai, puis est passé à la Société des zincs du midi et revenu à la Vieille-Montagne.

*Fons Bouillans.* — Le groupe de Fons Bouillans forme, à l'Ouest du gisement des Avinières, un système de filons dirigés N. 12 à 18°, affleurant au milieu des terrains anciens formés de schistes avec intercalations de calcaires cristallins. Les travaux de *la Grise* étaient situés sur un épanchement calaminaire de ce genre.

Au *Mas de Beaugis*, on a un filon de calamine cloisonnée englobant des blocs de barytine ; ces deux substances ayant sensiblement la même densité, leur triage ne peut se faire qu'à la main et est toujours fort incomplet.

Le filon complexe du *Mas la Combe* contient, au N.E, de la calamine, de la blende, du cuivre carbonaté, du quartz et de la barytine ; à Blakauzel (au Sud), il s'élargit et prend la forme d'un amas calaminaire.

Les gisements de la *Coste Durfort* forment une série d'amas alignés dans les couches calcaires du lias, sur les deux rives du petit ruisseau de Vassagues.

Les minerais sont : 1° de la galène, qui a été autrefois le but exclusif des exploitations et qui entre pour 5 à 8 p. 100 dans la masse totale ; 2° de la calamine et de la blende jaune claire en petites mouches.

### *Bibliographie.*

1856. Lan. — (*Ann. d. M.*, 5e, t. VI, p. 401.)
1859. Parran. — (*Ann. d. M.*, 5e série t. XV, 1859, p. 47.)
1862. Cotta, p. 418.
1877. Fuchs. — Notes de voyage inédites.
1879. Groddeck, p. 313.
1887. Daubrée. — Eaux souterraines, p. 110.
1875-1887. Sarran d'Allard. — Carte géologique de la région d'Alais et mémoires divers.

# GÎSEMENTS DE ZINC POST CRÉTACÉS

## (BLANKENRODE, SANTANDER, L'ALGÉRIE)

Dans la région de la Drôme et du Gard, nous venons de voir les gisements de zinc traverser et imprégner tous les terrains jusqu'à l'oxfordien, sans qu'on puisse, d'autre part, donner une limite supérieure de leur âge et affirmer, par exemple, qu'ils ne sont pas post-crétacés.

Ce type de gîtes de zinc postcrétacés se rencontre nettement en un certain nombre de points qu'il nous reste à étudier.

**Blankenrode**[1]. — A *Blankenrode*, près de Stadtberge, Groddeck décrit des filons de calamine avec galène, limonite, blende, pyrite de fer et calcite traversant une marne crétacée au-dessus du grès bigarré. Les filons, stériles dans le grès, sont métallifères dans la marne.

**Santander**[2]. — Il existe, de même, dans les Asturies, dans les provinces de Guipuzcoa et de Santander, un certain nombre de gisements de calamine importants, exploités à Réocin, Udias, Mercadal, Comillas, la Nestosa, etc. Ces gîtes se trouvent en amas irréguliers dans un calcaire crétacé. Une partie du minerai est de la smithsonite blanche en masses concrétionnées, testacées, stalactitiques et parfois oolithiques. On trouve, en même temps, de la zinconise (hydrocarbonate) d'un blanc de neige et du silicate. Les minerais sont parfois entourés d'argile et le noyau des gros blocs est très souvent encore composé de dolomie, ce qui indique le mode de formation de la smithsonite. La blende cristallisée, d'une belle

[1] Sur Blankenrode : 1850. Rœmer. Verhandl. d. naturh. Verein. d. preuss. Rheinl. u. Westf., p. 1.
1853. Amelung. Ibid., p. 217.
1879. Groddeck, p. 344.

[2] Sur Santander : Coll. *Ecole des Mines*, 1976 à 1978. — 1863. Schönichen. (Berg. u. H.Z., p. 163.)
1870. Burat : Géol. appl., t. II, p. 207.
1879. Min. Journ. 708.
1879. Groddeck, p. 344.
1883. D'Achiardi, t. II, p. 452.
1879. Daubrée (Eaux Sout), p. 114.

couleur jaune claire, apparaît en profondeur ; elle est souvent sillonnée de fissures remplies de calamine. Elle se rencontre aussi en rognons et en boules recouvertes de couches concentriques de barytine et partiellement transformées en calamine.

Il existe, dans ces mines, une très grande variété de faciès calaminaires.

**Picos de Europa**[1]. — On retrouve, de même, à l'Ouest de Santander, dans la partie orientale des *Picos de Europa* (Asturies), districts d'Andara et d'Aliva, des gisements de calamine très étendus, situés dans le calcaire carbonifère. Ce calcaire est traversé, sur une largeur d'environ 2 kilomètres et sur une longueur notable, par une série de fentes parallèles, parfois élargies en amas et reliées par de nombreuses fentes transversales. Le calcaire est, paraît-il, dolomitisé au voisinage des gîtes. Les fentes sont souvent minéralisées, d'autres fois vides et même élargies en forme de grottes. La calamine, qui forme l'élément principal du remplissage, est tantôt blanche et translucide, tantôt homogène comme un calcaire, mais un peu fibreuse. La blende remplit une série de veines et parfois (filon Banco sin nombre) se trouve à l'état de rognons cristallisés à la surface dans une argile. On a admis que la calamine s'était formée par décomposition de la blende.

On a remarqué, en outre, dans le minerai, la présence accidentelle d'un peu de cinabre et d'oxyde rouge de plomb.

**Sakamody, Guerrouma, etc. (Algérie).** — La chaîne du *Petit Atlas* présente quelques gisements de zinc exploités. Cette chaîne est constituée par des terrains cénomaniens composés de marnes, schistes et calcaires plus ou moins argileux, se succédant dans un ordre quelconque en passant parfois de l'un à l'autre. Tous ces terrains, par suite de leur composition même, ont été fissurés d'une façon extrêmement complexe et on n'y trouve pas un seul filon net.

Un premier gîte, celui de *Sakamody*[2], recoupe l'un des contre-

[1] Sur Picos de Europa : Coll. *Ecole des Mines*. 1611. — 1877. Köhler. Berg u. Hut. Zeit., p. 217.
1879. Groddeck, p. 331.

[2] Notes de voyage de l'auteur en 1891. — Coll. *Ecole des Mines*, 1699.

forts septentrionaux qui se détachent de la ligne de crêtes séparant l'Oued-Hamidou de l'Oued-Arbatach. Il représente plutôt une zone de métallisation, un système de fissures alignées suivant une direction générale, qu'un véritable filon.

On a là, sur une assez grande longueur, une zone blendeuse qui se prolonge sur les concessions de Sakamody, R'arbou (au voisinage), Guerrouma et jusqu'à Palestro. Les roches encaissantes sont des schistes crétacés. Par suite de l'absence de calcaires, les calamines ne sont qu'un élément tout à fait accessoire, rencontré seulement aux affleurements : jusqu'à 25 ou 30 mètres de profondeur à Sakamody, jusqu'à 90 mètres à R'arbou. Le remplissage principal est formé de blende et galène. La gangue est souvent calcaire à R'arbou, chargée de sulfate de baryte et de fer spathique à Guerrouma ; à Sakamody, on a affaire uniquement à une brèche de débris des schistes encaissants cimentés par de la blende qui, par endroits seulement, devient massive avec très peu de galène disséminée.

Le filon ne présente pas de salbandes, quoique, après le remplissage, il y ait eu un certain glissement sur le toit. L'irrégularité, dans ce terrain de schistes peu consistants, est assez grande en profondeur comme en direction.

La production de Sakamody est d'environ 10 000 tonnes. A Guerrouma, on sort, à peine, de la période des installations.

Le gîte de *Gharbo*[1], situé près du petit village arabe de Souk el Génine, ceux de l'*Arbatach*, de *Sidi Dayem* et d'*Azeron*, dans la même région, sont assez analogues.

Le calcaire nummulitique contient, en outre, dans la *province de Constantine*, près de la source thermale du *Djebel-Nador*, à 60 kilomètres au Sud de Bône, un gîte de calamine important, dont les géodes présentent des combinaisons remarquables d'antimoine et de plomb (nadorite, etc.).

C'est la mine de *Hammam N'bails*, située sur la ligne Bône-Guelma, qui produit, par an, environ 2 500 tonnes de calamine calcinée.

[1] 1871. Flajolot. *Ann. d. M.*, 6e série, t. XX, p. 24.
1879. Groddeck, p. 345.

## B. — GÎTES DE ZINC
## SUBORDONNÉS AUX TERRAINS SÉDIMENTAIRES

### ZINC DE AMMEBERG (SUÈDE)[1]

**Situation.** — Les mines de zinc d'Ammeberg, appartenant à la Société de la Vieille-Montagne, se trouvent dans le gouvernement d'Orebro, à 12 kilomètres au N.-O. du lac Wettern et aux environs de la petite ville d'Askersund. Un chemin de fer à large voie relie les mines aux ateliers de préparation mécanique sur les bords du lac Wettern. Les navires viennent charger le long de quais et transportent le minerai à Gottembourg, où la Compagnie possède de grands magasins. De là, le minerai se rend à Rotterdam et, par le Rhin ou la Meuse, aux différentes usines de la Société.

**Géologie.** — Le gîte d'Ammeberg est constitué essentiellement par des imprégnations et lentilles de blende au milieu d'un gneiss rubané (Hälleflinta), schisteux, que l'on rapporte à l'époque laurentienne. Ce gneiss repose directement sur le *Jerngneiss* caractéristique de la Scandinavie, lequel, en certains endroits, contient du fer magnétique ou de la pyrite magnétite massive et le *Jerngneiss* à son tour, est superposé au *Urgneiss* rouge.

Au voisinage des couches blendeuses, les terrains anciens d'Ammeberg forment un pli (fig. 265) suivant l'axe duquel apparaissent des grauwackes et quelques lambeaux discontinus de calcaires avec fossiles du silurien tout à fait inférieur. En outre, le hälleflinta comprend des couches d'amphibolite.

Les *parties minéralisées* du gneiss rubané affectent la forme de lentilles irrégulières peu épaisses mais s'étendant beaucoup en

[1] Coll. *Ecole des Mines*, 1548. — Notes de voyage de l'auteur en 1890.

profondeur et suivant toutes les ondulations de la schistosité des gneiss.

Les exploitations sont concentrées autour de deux centres prin-

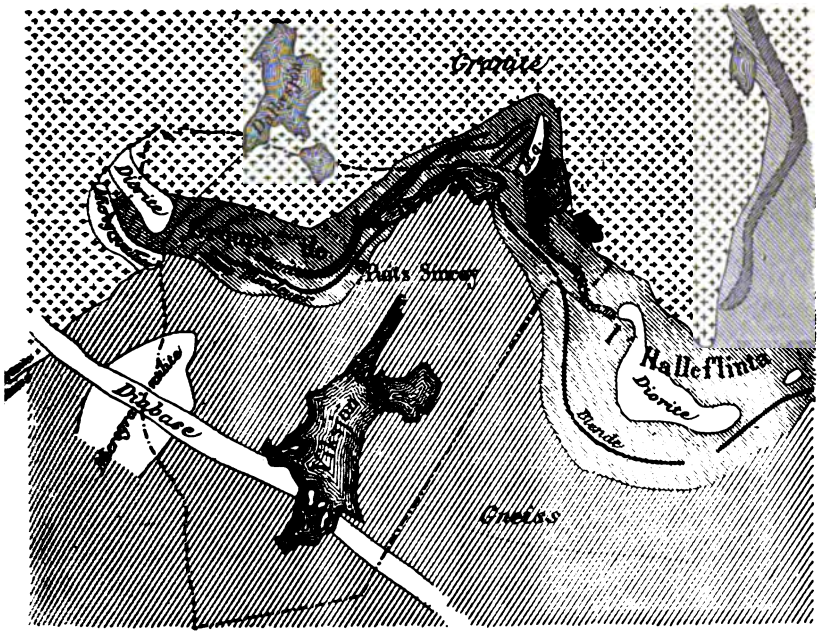



Fig. 265. — Carte géologique de la région d'Ammeberg.

cipaux : Nygrufva occupant 300 mineurs (fig. 266 à 271) : Knalla, 200 (fig. 273 à 275). Dans l'Ouest de Nygrufva, le plan médian des lentilles est sensiblement vertical et représente assez bien le plongement du gneiss qui a subi des actions de plissement et de redressement énergiques, postérieurement à sa formation. A Knalla, on a eu parfois, dans le plongement, des coudes brusques (voir fig. 273 et 275), donnant, à une profondeur variable, une couche presque horizontale.

En général, ces lentilles ont une épaisseur moyenne de 8 mètres, qui peut aller à 13 mètres et se poursuivent, en profondeur, sur une longueur qui atteint 200 mètres. Elles sont reliées par des inclusions blendeuses dans le gneiss.

Les figures 266 à 270, qui donnent, de 50 en 50 mètres, les plans de la mine de Nygrufva, et les figures 271 qui représentent

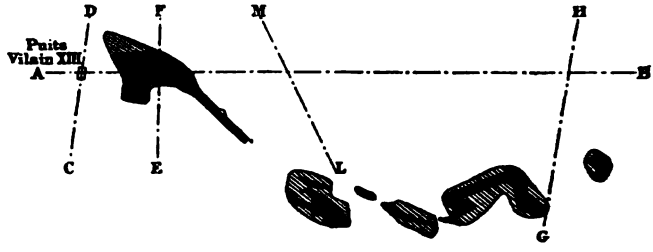



Fig. 266. — Mine Nygrufva (Ammeberg). — Plan au jour.

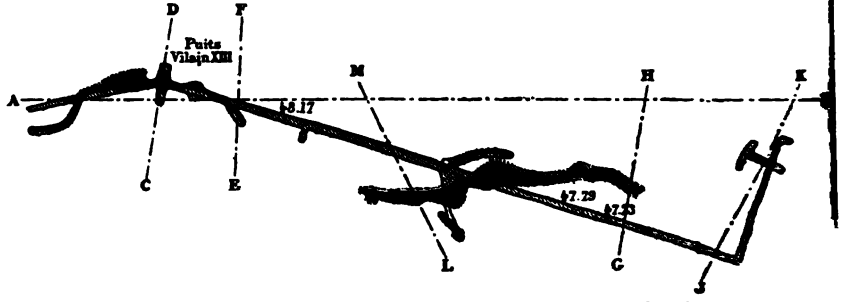



Fig. 267. — Mine Nygrufva (Ammeberg). — Plan au niveau de 50 mètres.

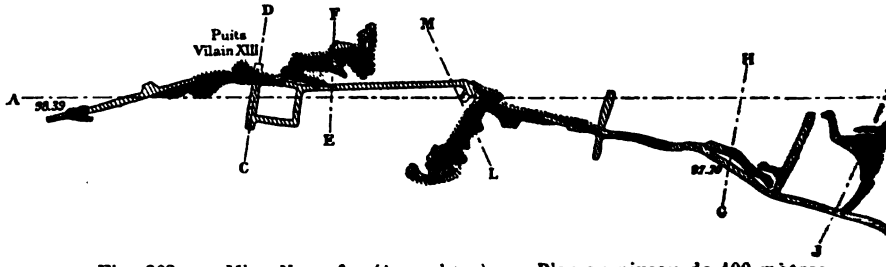



Fig. 268. — Mine Nygrufva (Ammeberg). — Plan au niveau de 100 mètres.

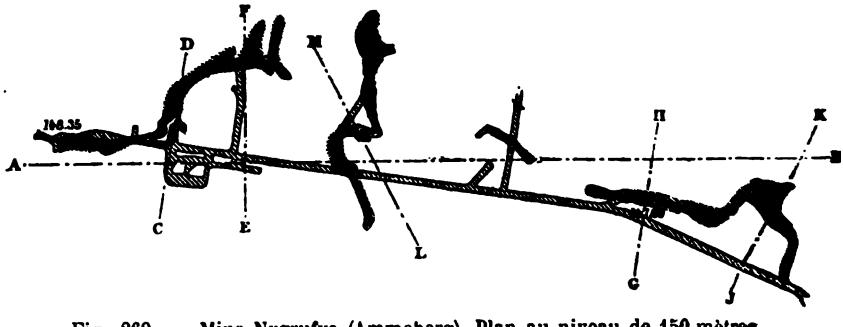



Fig. 269. — Mine Nygrufva (Ammeberg). Plan au niveau de 150 mètres.

Légende des figures 266 à 275.

Hälleflinta gris. Blende Zns.

Galène Pbs

les coupes verticales correspondantes, mettent en évidence l'allure du gisement de blende dans cette région et la façon dont la galène s'associe à l'occasion au sulfure de zinc.

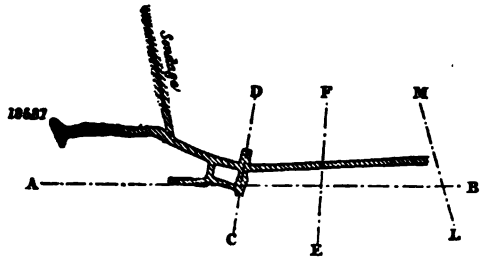



Fig. 270. — Mine Nygrufva (Ammeberg). — Plan au niveau de 200 mètres.

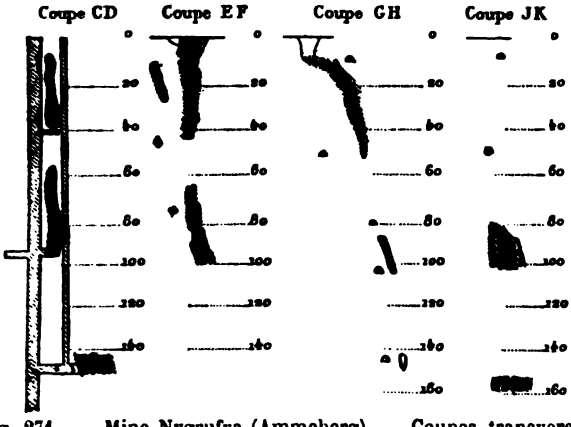



Fig. 271. — Mine Nygrufva (Ammeberg). — Coupes transversales.
(Ces coupes se rapportent aux lignes CD, EP, GH, JK, des figures 266 à 270.)

Les autres figures, 272 à 275, montrent des cas particuliers : ainsi, 272, la disposition en V des veines minéralisées dans un

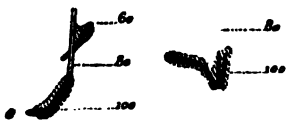


Fig. 272. — Ammeberg (région Sinçay). Coupes transversales.

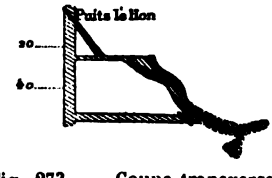



Fig. 273. — Coupe transversale à Knalla, puits le Hon.

des chantiers du puits Sinçay ; 274, la multiplicité des veines

blendeuses dans les parties hautes au puits le Hon et l'apparition de la galène à 100 mètres ; 273 et 275 : la forme courbée de la veine de blende en section verticale.

Les affleurements des lentilles de blende s'étendent sur une

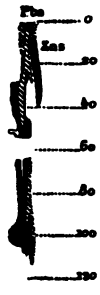


Fig. 274.
Coupe au puits le Hon.

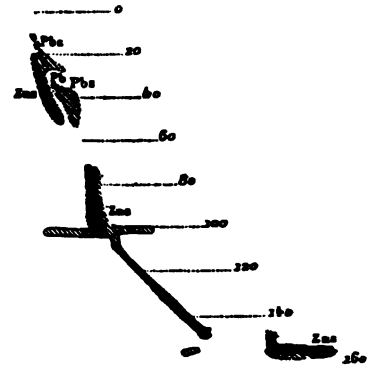


Fig. 275.
Coupe au puits le Hon.

ligne sinueuse demi-circulaire, qui n'a pas moins de 3$^{km}$, 500. Cette ligne constitue, à peu près, l'axe d'une zone de gneiss rubané, plus schisteux, intercalé au milieu de quartzites plus résistants dans la formation gneissique.

La *composition* de ces lentilles est souvent à peu près celle de l'Hälleflinta où la blende remplacerait le mica, comme cela se passe pour la magnétite de Suède ou le graphite de bien des pays.

C'est donc un mélange de feldspath (orthose en général), de quartz et de blende ; mais il existe des parties exclusivement composées de blende.

Parfois le feldspath domine de beaucoup, ce qui est aussi le cas de la roche encaissante ; parfois aussi il est remplacé par des bandes de wollastonite ; enfin la blende renferme presque toujours un peu de galène et de pyrite.

*Au toit,* on rencontre quelques lambeaux de calcaire silurien contenant des orthocères. Comme minéraux adventifs, on peut mentionner la tourmaline, l'hornblende, le grenat, le talc, l'épidote, la chlorite, et même, en certains points, de l'ozokérite

qui se rattache, sans doute, aux émanations hydrocarburées, dont le graphite abondant des micaschistes nous a semblé être la preuve à cette époque[1]. Ce bitume a été rencontré, vers 50 mètres de profondeur, dans des veines de calcite coupant le minerai.

Les géodes manquent complètement.

Citons enfin un grand filon de *Diabase* qui traverse la région au Sud, et des pointements de *Diorite*.

L'*extension* des lentilles blendeuses en profondeur n'est pas connue. On a exploré le gîte jusqu'à 200 mètres.

**Teneur du minerai.** — Le gneiss rubané renferme jusqu'à 53 p. 100 de zinc et 7 p. 100 de galène ; mais ce sont des maxima. On a cependant rencontré de petites lentilles entièrement formées de galène pure et ayant jusqu'à 3 mètres de puissance. Au-dessous de 20 p. 100 de zinc, le minerai ne peut plus s'exploiter avec bénéfice.

Voici quelques exemples de teneur en zinc.

| Partie Est du gîte | Partie centrale | Partie Ouest |
|---|---|---|
| 48,36 p. 100 | 31,17 p. 100 | 45,32 p. 100 |
| 25,78 — | 44,56 — | 45,01 — |
| 35,90 — | 49,13 — | 31,51 — |
| 51,62 — | 53,57 — | 52,08 — |
| 52,49 — | | |
| 52,93 — | | |

La moyenne est environ de 43 p. 100 de zinc.

**Géogénie des gisements.** — Si l'on essaye de se faire une idée exacte du mode de formation et de l'âge du gisement, on se trouve en présence de grandes difficultés.

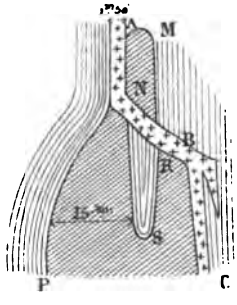
Nous avons dit, en effet, que la blende formait souvent, au milieu du gneiss, des veines interstratifiées suivant toutes les inflexions de la schistosité. Quand on examine, en détail, des plissements semblables, on a peine à se rendre compte comment la blende aurait pu exister dans la roche massive telle qu'elle se présente aujourd'hui, avant le phénomène mécanique qui a agi sur elle, et

[1] Tome I, pages 41 et suiv.

se prêter ensuite, sans aucune rupture, à une action aussi énergique ; ce n'est pas là d'ailleurs une objection spéciale à Ammeberg et nous avons déjà eu l'occasion de l'indiquer à propos du Rammelsberg [1].

A notre avis, la blende est, à Ammeberg, postérieure au dépôt de schistes et grès qui ont été plissés violemment avant d'être transformés en gneiss par métamorphisme. La blende, arrivée, à la suite de ce plissement, dans les schistes, et infiltrée au milieu d'eux, en a rempli tous les vides, tandis que les quartzites voisins résistaient à l'imprégnation : ce qui expliquerait la présences d'esquilles d'hälleflinta semblant flotter dans la blende, les bifurcations des veines de blende etc... Cette venue blendeuse, étant à peu près contemporaine de l'action métamorphique qui a transformé les terrains en gneiss, s'est comportée de la même façon qu'elle, remplaçant seulement les cristaux de mica par des cristaux de blende. Après quoi, lorsqu'il y a eu mouvement du terrain postérieur, l'hälleflinta blendeux s'est brisé ou courbé en masse (mais non plissé intérieurement).

C'est peut-être à un mouvement de ce genre qu'il faut attribuer l'existence, au toit de la plus grande partie des gisements d'Ammeberg, d'un plan brusque de séparation ressemblant à un plan de faille.




276. — Plan de détail à Ammeberg

ABC : filon de granulite.
MN PSRC : amas de blende.

Quoi qu'il en soit, un point intéressant, qu'on peut constater à Ammeberg, c'est que la roche blendeuse était constituée sous sa forme actuelle avant l'arrivée des gros filons de granulite [2]. Ces filons de granulite, qui contiennent de beau microcline vert, sont fréquents dans la mine et il n'est pas toujours facile de voir leurs relations avec les couches de blende. Mais une des tranchées de la

[1] Voir plus haut, pages 281 et 325.

[2] Nous rappelons que, dans un gneiss feldspathisé et granulitisé, on peut souvent constater la trace d'au moins 3 ou 4 venues granulitiques successives.

surface donne le plan suivant (fig. 276). Un grand filon de granulite ABC traverse, en ce point, l'amas de blende et les gneiss encaissants en lançant des injections à droite et à gauche. L'amas de blende exploité est MNPC; RS est fait d'un hälleflinta peu blendeux, très contourné en S. Là la relation d'âge de la granulite et de la blende est bien mise en évidence.

**Exploitation.** — L'exploitation s'est longtemps faite à ciel ouvert.

Elle est actuellement souterraine et très facilitée par la grande résistance du hälleflinta qui permet de se passer à peu près complètement de remblai.

Le gîte est partagé en 4 étages de 50 mètres chacun, dont le premier a été entièrement enlevé à ciel ouvert, le second à peu près complètement souterrainement et dont les deux autres sont entamés. Chaque étage est divisé en tranches qui sont prises par la méthode des gradins renversés suivant la longueur du gîte.

Le gîte d'Ammeberg est le premier en Suède où l'on ait pratiqué le remblayage.

L'*épuisement*, qui a présenté longtemps de grandes difficultés à cause de la nature de la surface, coupée de lacs et de marais, se fait, depuis une quinzaine d'années, à l'aide d'une galerie d'écoulement (Schwartzmann) de 4 kilomètres de longueur qui assèche la mine jusqu'à la profondeur de 225 mètres. Au-dessous de ce niveau, l'eau est extraite par des pompes.

La *production* a été :

| | | |
|---|---|---|
| 1865 | 10 200 | tonnes. |
| 1875 | 29 061 | — |
| 1876 | 32 948 | — |
| 1877 | 35 768 | — |
| 1878 | 37 735 | — |
| 1879 | 40 880 | — |
| 1880 | 41 873 | — |

Actuellement, on passe à la préparation mécanique environ 40 000 tonnes de minerai à 20 p. 100 de zinc[1] et l'on ajoute, en

[1] Le minerai, pour être exploitable, doit tenir, au moins, 20 p. 100 de zinc.

outre, 6 à 7 000 tonnes de minerai en bloc n'ayant pas besoin de lavage. Enfin, la mine produit 700 tonnes de galène riche tenant près de 800 grammes d'argent à la tonne.

L'*atelier de scheidage* comprend des trommels, des spitzkasten, des cribles du Harz, des tables tournantes, etc., qui permettent de classer les sortes. On obtient les résultats suivants, pour une production de 40 000 tonnes environ :

| | |
|---|---|
| Blende en roche (à laver) à 40 p. 100 de zinc . . . . | 6 000 tonnes. |
| Minerais blendeux en roche à 24-25 p. 100 de zinc. . | 30 000 — |
| Menus riches à 30 p. 100 de zinc. . . . . | 1 500 — |
| Menus pauvres à 23 p. 100 de zinc. . . . . | 700 — |
| Galène en roche à 20 p. 100 de plomb . . . . . | traces |
| Menus plombifères à 25 p. 100 de plomb . . . . . | 2 000 — |
| Total . . . . . | 40 200 tonnes. |

De tous ces produits, la blende en roche est seule assez riche pour être traitée directement. Les autres catégories sont soumises à une cuisson préalable.

### *Bibliographie.*

1861. Stapff. — Berg. u. H. Z., p. 252.
1866. Turley. — Berg. u. H. Z., p. 405, etc.
1867. Fuchs. — Rapport manuscrit.
1868. Blende d'Ammeberg. (*Cuyper*, t. XXII, p. 421.)
1870. Burat. — Géol. appl., II, 214.
1879. Groddeck, p. 145.
1879. Oppermann. — Sur la préparation mécan. des minerais de zinc à Ammeberg. (*Ann. d. M.*, 7e, t. XI, p. 261.)
1879. V. Rath. — Erinn. der Pariser Weltaust.
1883. d'Achiardi, II, 456.
Törnebohm. — Brochure pour le jerncontor.
1888. D. Krenner. — Zinkblende aus *Schweden*. (*Földtani Köszlöny*, t. XVIII, p. 151. Budapest, 1888.)
1890. L. de Launay. — Notes de voyage inédites.

Au type d'Ammeberg appartient *Etkis*, en Finlande, près d'Enniskilen, gisement autrefois exploité uniquement pour les mouches de galène que contenait la blende et où on a repris, il y a quelques années, les vieilles haldes de blende entassées.

## GÎTE DE BLENDE DE STERZING (TYROL)[1]

*(Amas blendeux dans les micaschistes.)*

Von Groddeck rapproche également du gîte d'Ammeberg celui de Sterzing (Tyrol), interstratifié de même dans des micaschistes. Il est formé d'un mélange compact de blende et de galène de 6 à 10 mètres de puissance avec accompagnement de pyrite de cuivre et de fer, de fer magnétique, d'ankérite (dolomie ferrifère), de sidérose, d'amiante et parfois de grenat.

D'ailleurs, en dehors des gisements de zinc proprement dits, nous pouvons rappeler que la blende se trouve assez fréquemment, dans des conditions analogues, à l'état de simple association avec d'autres sulfures : ainsi dans le gneiss à cordiérite de *Bodenmais* (*Bavière*)[2], avec de la pyrrhotine nikélifère, des pyrites de cuivre et de fer, de la galène, etc. Il convient de ne pas oublier que, dans les gîtes décrits plus spécialement comme gîtes de fer, de cuivre, de zinc ou de plomb, l'association du sulfure dominant avec les trois autres est extrêmement fréquente.

C'est ainsi qu'on trouve de la blende avec la pyrite cuivreuse de Fahlun, comme avec la galène de Sala, etc...

## ZINC ET PLOMB DE LA HAUTE SILÉSIE[3]

*Imprégnations de blende et galène dans le muschelkalk, avec calamine et minerai de fer au voisinage des affleurements.)*

**Conditions économiques.** — Le gisement zincifère le plus important d'Allemagne est, de beaucoup, celui de la haute Silésie qui occupe, à lui seul, près de 9 000 ouvriers.

Le bassin, situé aux confins des trois empires d'Allemagne, d'Au-

[1] Sur Sterzing : 1870. V. Beust. Jahrb. d. K. K. Geol. Reichs. in Wien, p. 505. 1879. Groddeck, p. 146.

[2] Groddeck, p. 147.

[3] Notes de voyage de l'auteur en 1892. Voir t. I, p. 765 et 768, sur le *Fer en Silésie*.

triche et de Russie, n'a guère été exploité jusqu'ici qu'en Prusse où il commence à s'appauvrir ; mais en Russie, où il a été encore peu attaqué, il semble réserver pour l'avenir des richesses considérables.

La production de zinc a été dans ces dernières années, en Prusse :

| 1880 | 1885 | 1886 | 1887 | 1888 | 1889 | 1890 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 65 530 t. | 80 953 t. | 82 990 t. | 82 730 t. | 84 760 t. | 86 880 t. | 88 930 t. |

Les principales mines de zinc prussiennes[2] sont situées dans le cercle de Beuthen : ce sont :

| | PRODUCTION de calamine en 1882 | PRODUCTION EN 1886 | | | NOMBRE d'ouvriers en 1886 |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Calamine | Blende | Galène | |
| | Tonnes | Tonnes | Tonnes | Tonnes | |
| Neue Helene. . . . | 115 751 | 91 533 | 49 626 | 10 286 | 1 838 |
| Wilhems glück. . . | » | 35 097 | » | 1 316 | 457 |
| Cäcilie. . . . . | 28 084 | 25 867 | 31 094 | 2 973 | 889 |
| Samuels glück . . . | 16 958 | 37 005 | 35 238 | 589 | 819 |
| Rudolf. . . . . | » | 20 203 | » | 480 | 328 |
| Maria . . . . . | 11 594 | 1 444 | 11 254 | 1 914 | 665 |

Les usines à zinc correspondantes occupent plus de 6 000 ouvriers ; les principales sont :

| | | |
|---|---|---|
| Silésia Hütte, II, à Lipine près Morgenroth (Schles. Actien Gesellschaft) . . . . . | 12 199 | tonnes. |
| Hohenlohe Hütte (Herzog von Ujest) . . . . . | 11 090 | — |
| Silésia Hütte, III (Schles. Actien Ges.). . . . . | 10 800 | — |
| Wilhelminen Hütte (Georg von Giesche's Erben). | 10 500 | — |

La production de zinc en Silésie s'est répartie entre les princi-

[1] En Russie, les seules exploitations actuelles sont celles de Boleslaw (à 6 kilomètres de Slawkow, 15 kilomètres N.-E. de Dombrowa), qui ont fourni, dans ces dernières années, environ 50 000 tonnes de calamine par an et que le gouvernement vient d'affermer (1892) pour soixante ans. Nous en dirons un mot plus loin (p. 450). D'autres tentatives d'exploitation avaient été faites à Bobrowniki et Zychcice, ainsi qu'à Olkusz ; elles ont été abandonnées.

[2] L'une des principales mines était, jusqu'à ces dernières années, celle de Scharley qui exploitait un amas calaminaire de 200 mètres de long, sur 15 mètres d'épaisseur et a produit, en 1882, 58 595 tonnes de calamine ; en 1886, 52 678, mais est aujourd'hui épuisée. Au voisinage, Bleischarley a fourni 35 125 tonnes en 1882 et 41 000 en 1886.

pales sociétés, dans ces dernières années, de la manière suivante :

| | 1885 | 1886 | 1887 | 1888 | 1889 | 1890 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Schlesische Actien Gesellschaft . . | 22 110 | 23 090 | 23 317 | 23 317 | 24 065 | 25 250 |
| Héritiers G. von Giesche . . . . . | 17 060 | 17 790 | 17 900 | 17 900 | 18 500 | 18 860 |
| Duc von Ujest. . . . . | 15 860 | 15 870 | 16 100 | 15 710 | 16 470 | 16 630 |
| Comte H. Henckel von Donnersmarck | 11 860 | 11 500 | 11 750 | 11 750 | 9 500 | 9 840 |
| Comtesse Schaffgotsch. . . . . | 6 380 | 6 500 | 6 540 | 6 540 | 6 650 | 6 194 |
| Comte G. Henckel von Donnersmarck | 4 150 | 4 100 | 4 180 | 1 650 | 1 700 | 1 700 |

La Schlesische Actien Gesellschaft emploie seule 5 000 ouvriers, dont 2 000 dans ses usines à zinc.

Parmi les autres producteurs de zinc, nous venons de citer la Comtesse Schaffgotsch (mine de zinc de Mariagrube, de charbon de Hohenzollerngrube, usines de Godullahütte et de Paulshütte ; le Comte Hugo Henckel von Donnersmark (usines de Liebehoffnung, de Hugo et de Luzyhütte), etc...

En même temps, l'extraction connexe de la galène s'est élevée, en 1882, à 25 000 tonnes (à 180 francs la tonne), dont 22 000 pour la circonscription de Beuthen et 3 000 pour celle de Tarnowitz.

Les concessions de plomb étant indépendantes de celles de zinc, quoique superposées, la galène extraite dans la plupart des mines de zinc de la région, y compris la Neue-Helene Grube, est recédée au prix de revient à la Friedrichs Grube de Tarnowitz (appartenant à l'Etat), dont la concession de plomb couvre tout le pays et traitée à la Friedrichshütte. La mine de Friedrichsgrube proprement dite n'a qu'une extraction insignifiante.

Les usines où l'on traite le plomb sont surtout :

Friedrichshütte, près Tarnowitz, qui a produit, en 1882, 8 683 tonnes de plomb, 1 077 tonnes de litharge et 5 245 kilogrammes d'argent; et Walter Cronek (Schoppinitz) près Rosdzin.

D'une façon générale, il y a lieu de noter que, dans la Silésie prussienne, la majeure partie des amas calaminaires, qui fournissaient des minerais riches et économiques, sont aujourd'hui épuisés et que les mines travaillent, soit sur une zone mixte de calamine et de blende, soit sur de la blende seule [1].

[1] Dans beaucoup de mines, on a, en outre, installé des ateliers de préparation

: Les minerais de zinc sont pauvres, d'une teneur moyenne d'à peine 20 p. 100 rendus au four, ce qui a conduit à employer des moufles de grandes dimensions; leur préparation mécanique est difficile à cause des vides qui font varier constamment la densité; et le fer et le plomb, qui y sont constamment mélangés, percent rapidement les terres réfractaires. Mais la vieille habileté des fondeurs, le bas prix de la main-d'œuvre et celui du charbon, que le même bassin produit en quantités considérables [1], ont néanmoins permis à l'industrie de prendre un grand développement.

En 1882, le prix des salaires était, dans la Silésie prussienne, de 2 fr,15 pour les piqueurs ; 1 fr,75 pour les ouvriers rouleurs au fond; 1 fr,67 pour les ouvriers du jour ; 0 fr,78 pour les gamins. Depuis cette époque, les prix ont augmenté ; en Russie, ils sont plus élevés.

**Géologie générale de la région** [2]. — La haute Silésie comprend, sous des alluvions qui occupent presque toute la surface, un grand bassin houiller dont l'extension reconnue est un triangle ayant, pour sommets, Tarnowitz au Nord, Königsberg au Sud-Ouest, Novagora à l'Est, mais qui, vers l'Ouest, se prolonge sans doute jusqu'à une ligne droite tirée de Hultschin à Tost.

Ce houiller repose, soit sur le culm, soit sur le dévonien ; il est recouvert, en stratification discordante, par le trias (parfois avec interposition d'un peu de rothliegende). Ce trias, à son tour, présente ses trois termes habituels du grès bigarré, du muschelkalk et du keuper; et le muschelkalk, qui est le niveau métallifère, peut se subdiviser comme suit :

| | | |
|---|---|---|
| Muschelkalk | supérieur | — Calc. de Rybna. |
| — | moyen | — marne dolomitique. |
| — | inférieur | dolomie métallifère (Schaumkalk).<br>Sohlenkalkstein (calcaire du mur ou calcaire bleu).<br>Wellenkalk. |

mécanique très perfectionnés pour laver de vieilles haldes qui tiennent encore 7 à 8 p. 100 de zinc; ainsi à Mariagrube, etc.

[1] Les couches de houille de haute Silésie sont très régulières, peu inclinées, non grisouteuses et d'une épaisseur qui dépasse fréquemment 6 mètres, en sorte qu'un piqueur abat couramment 8 tonnes par jour et parfois jusqu'à 11. L'épuisement seul est assez coûteux en raison de la superposition fréquente de mines de zinc sur celles de houille. Le bassin a produit, en 1886, 16 millions de tonnes de houille avec 9 500 ouvriers.

[2] Voir la carte ci-jointe, fig. 277.

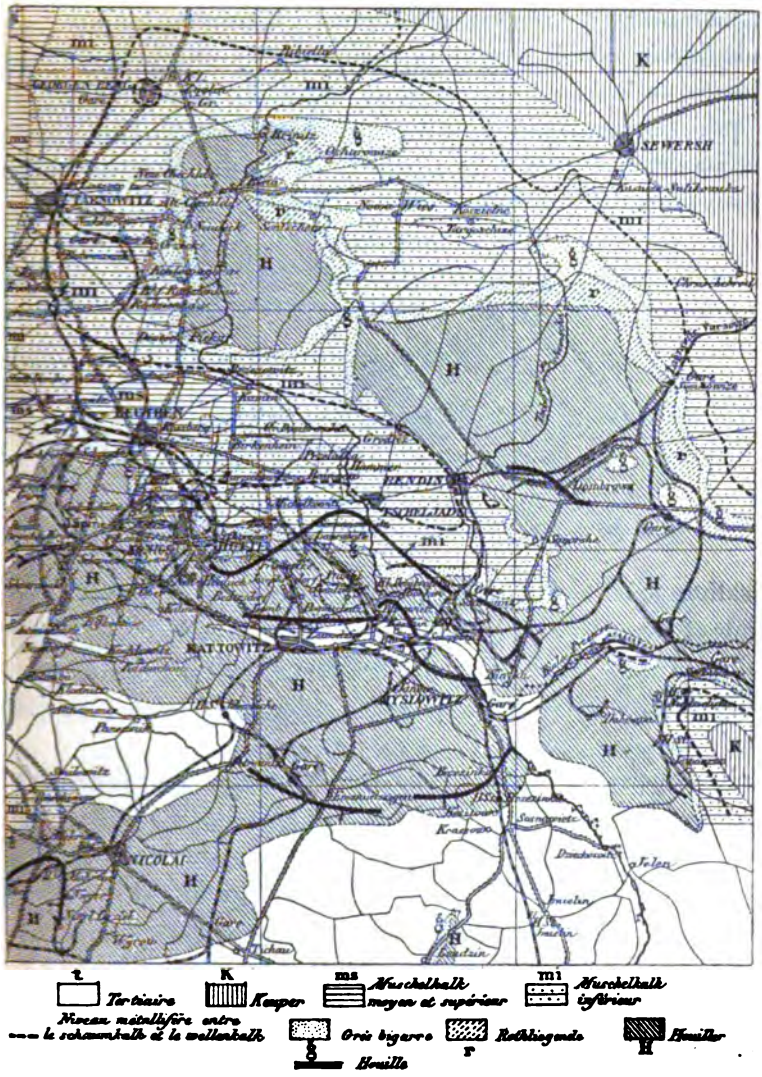



Fig. 277. — Carte géologique de la région de Beuthen (haute Silésie).
Echelle au $\frac{1}{362.000}$.

La dolomie métallifère a, pour mur, un lit argileux assez mince; pour toit, de la dolomie stérile et compacte. C'est dans son épaisseur et surtout au voisinage de ses affleurements, qu'on exploite le zinc, le plomb et le fer [1].

[1] Pour le fer, voir t. I, p. 765 et 768.

**Généralités sur les gîtes métallifères.** — La dolomie zincifère[1] de haute Silésie semble être un type bien net de couche sédimentaire à imprégnation contemporaine du dépôt, les gisements exploités et qui, comme nous l'avons dit, ont présenté leur richesse maxima aux affleurements, paraissant toutefois dus à une concentration secondaire sous l'action des eaux superficielles. La miné-

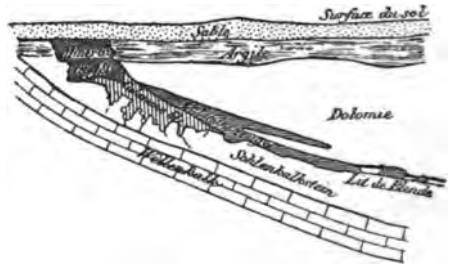



Fig. 278. — Coupe théorique des gisements de zinc de Silésie.

ralisation primitive s'était faite sous forme de sulfures de zinc, plomb et fer, qu'on est aujourd'hui amené à extraire en s'approfondissant ; les dépôts de surface, longtemps les seuls connus, consistaient, au contraire, en amas calaminaires avec galène et hématite.

Cette couche de dolomie zincifère, qui a subi un plissement de large amplitude, présente, par suite[2], un grand pli synclinal E.-O. à pente assez douce ou une cuvette métallifère principale ayant une largeur de 2 à 4 kilomètres entre Beuthen au Sud et Scharley au Nord et une longueur de 22 kilomètres environ dans une direction E.-O., depuis Miechowitz, près de Beuthen, à l'Ouest jusqu'à Czeladz et Bendzin en Pologne à l'Est.

Au Nord de Scharley, l'affleurement de la couche devient N.-S. vers Tarnowitz et Georgenberg, puis se retourne, de nouveau, au S.-E., dans la direction des exploitations russes de Boleslaw.

La répartition des minerais dans cette couche paraît assez variable lorsqu'on s'en tient aux régions altérées superficielles qui

[1] Nous remarquerons que le zinc est là, comme à la Vieille-Montagne, dans une dolomie, c'est-à-dire dans un calcaire magnésien, dont la magnésie a été considérée par M. Dieulafait comme un indice de la saturation très avancée des eaux. (Voir page 372.)

[2] Voir la carte, fig. 277.

ont, jusqu'ici, présenté, pour les exploitants, une importance prépondérante. Cependant cette altération même obéit à une loi que la figure 278 met en évidence :

Près des affleurements, c'est le fer qui domine sous forme d'hématite brune ; plus bas, en suivant le pendage de la couche, la calamine augmente : au début, c'est de la calamine blanche (sans doute purifiée de son fer par le phénomène qui a concentré celui-ci un peu plus loin) ; puis, superposée à cette calamine blanche,

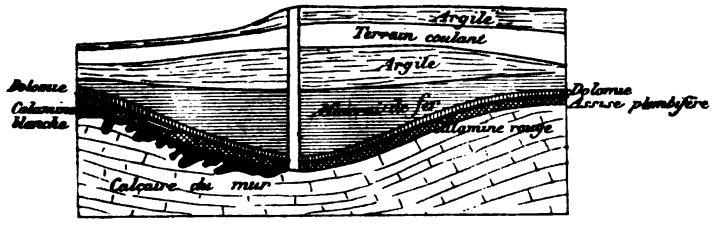



Fig. 279. — Coupe des gîtes de fer, plomb et zinc de haute Silésie à la mine Bally-Castle, d'après Sage.

qui va en s'amincissant, c'est de la calamine rouge. Celle-ci, d'abord continue et remplissant des poches de corrosion plus ou moins irrégulières et volumineuses, ne forme bientôt plus que des amas isolés et de plus en plus mélangés de blende. Enfin, lorsqu'on est descendu suffisamment, on trouve le gîte sous sa forme sulfurée primitive : c'est alors une ou deux couches de blende avec un peu de pyrite et de galène, ou plutôt une série de lentilles de ces minerais alignées à un ou deux niveaux relativement constants, près de la base de la dolomie. Suivant les points, galène, blende et pyrite se présentent en proportions diverses.

La calamine blanche, dont nous venons de parler, repose, en général, directement sur le calcaire du mur (ou Sohlen Kalkstein) dans lequel elle pénètre irrégulièrement (fig. 279 et 280).

La corrosion, à laquelle a été soumis ce calcaire lors du métamorphisme calaminaire, est manifestée par la transformation en argile de ses parties supérieures. Dans cette argile, qui est d'un jaune sale, la calamine blanche forme des cordons, des lits et des nodules plus ou moins irréguliers. En même temps, on y trouve de la sphérosidérite, de la céruse, de la pyromorphite et des peudo-

morphoses de céruse en chlorure de plomb cristallisé (par exemple, aux mines Thérèse et Elisabeth à Miechowiz).

La masse de la calamine blanche accuse parfois, dans la cassure, une certaine schistosité.

La calamine rouge, qui a eu jusqu'à 16 mètres d'épaisseur près de Scharley et de Miechowitz, est généralement séparée de la couche blanche par un banc rougeâtre d'argile ferrifère. Elle-même

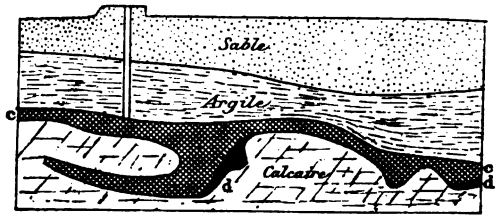



Fig. 280. — Coupe verticale du gîte calaminaire de Theresia und Apfel Grube, d'après Sage. Echelle au $\frac{1}{1500}$. — *c*, calamine rouge; *d*, calamine blanche.

est formée d'un mélange de limonite zincifère et de dolomie avec un peu de céruse et de galène. La teneur en zinc y a atteint autrefois 45 p. 100; mais, les parties riches ayant été épuisées, la teneur moyenne ne dépasse guère aujourd'hui 10 p. 100.

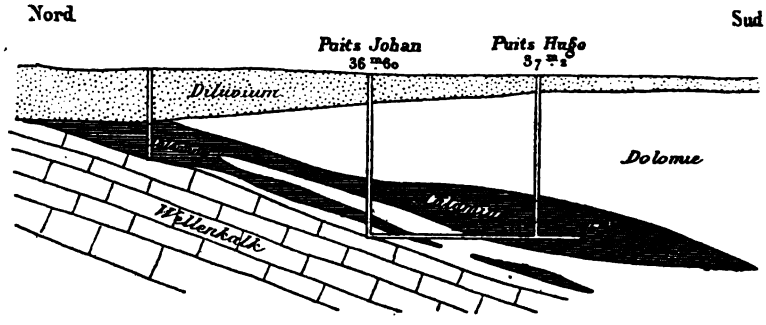



Fig. 281. — Coupe N.-S. à travers les travaux de N. Helene, Scharley et Grube Cecilia.

Les coupes ci-jointes montrent diverses allures de la calamine (fig. 279 à 282).

Sur la figure 280, on voit, à Theresia und Apfel Grube, la calamine pénétrer en pointe dans le calcaire. La figure 281 montre des amas calaminaires, aujourd'hui épuisés, de N. Helene grube:

amas situés à une certaine hauteur dans la dolomie au-dessus du Wellenkalk et divisés en deux bancs, l'inférieur discontinu. Ces amas se sont arrêtés complètement en profondeur. La figure 282 correspond à un cas plus général : on a là deux bancs de blende, pyrite et galène[1] (3 à 4 mètres d'épaisseur en profondeur), qui, en s'approchant de la surface, se transforment progressivement en calamine, en même temps qu'ils s'élargissent et finissent par se réunir dans un grand amas résultant du métamorphisme.

En profondeur, nous avons dit que la calamine passait à de la

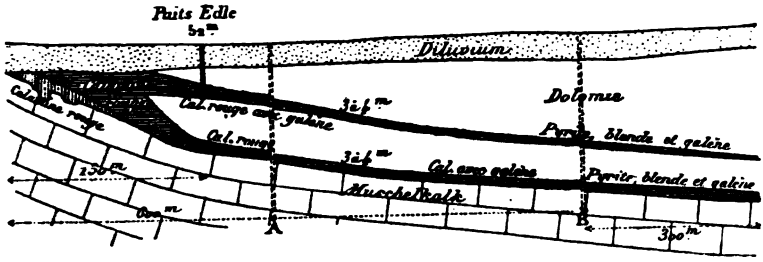



Fig. 282. — Coupe à travers les travaux de Cecilia Grube, etc... (La figure a été coupée en A et B pour diminuer sa longueur.)

blende. Cette blende, imprégnant le plus souvent une couche de 3 mètres de puissance, a été rencontré près de Gross Dombrowka, à Samuels Glück, à Scharley, près de Miechowitz, etc. En certains points, comme à la mine Cécilia, il est facile d'observer la transition de la calamine à la blende (voir fig. 282) : à partir d'une profondeur de 50 mètres, on voit, en effet, apparaître dans la calamine, des inclusions de blende avec galène de plus en plus abondantes.

A *Mariagrube*, où l'on a dépilé autrefois un bel amas calaminaire de 10 à 12 mètres de puissance, on est également aujourd'hui dans la couche blendeuse. On doit remarquer que celle-ci est loin de former un banc continu, comme pourraient le laisser supposer des coupes schématiques, mais se présente, au contraire, à l'état d'imprégnations lenticulaires avec noyaux et veines de dolomie stérile. Les sulfures, très irrégulièrement mélangés, ne présentent aucune espèce de stratification, comme celle qu'on cons-

[1] Dans certaines parties de la Cecilia Grube, il en existe même trois.

tate, par exemple, dans les minerais cuivreux du Mansfeld. Dans les galeries situées sur la zone intermédiaire entre calamine et blende, on a parfois la partie haute en calamine, la partie basse en blende. La présence fréquente de cristaux de vitriol vert (sulfate de fer) fait comprendre comment les eaux superficielles, au contact des sulfures divers, ont produit des sulfates, celui de zinc immédiatement précipité, par substitution au calcaire, à l'état de calamine, celui de fer entraîné vers la superficie où une oxydation a amené son dépôt en hématite. C'est dans cette attaque acide que le calcaire, intercalé entre les lentilles blendeuses, a été dissous, de façon qu'il donne lieu à des amas calaminaires plus volumineux que les mouches de blende primitives.

Nous n'avons fait que mentionner, jusqu'ici, la présence de la pyrite et de la galène à côté de la blende. La pyrite passe pour assez rare dans le gisement parce qu'on néglige les parties où elle tend à dominer. Quant à la galène, dans la région de Scharley, elle donne environ une teneur moyenne de 2 à 3 p. 100 de plomb pour le minerai préparé. En certains points toutefois, par exemple dans la Cecilia grube, la galène domine sur la blende. Du côté de la *Friedrichsgrube* (de Tarnowitz), où le gisement s'appauvrit beaucoup, la galène se présente presque exclusivement. Là, on a un *banc dur* de $0^m,60$ d'épaisseur au plus, tantôt et le plus souvent formé de dolomie avec joints de galène, rarement composé de galène compacte, et un *banc tendre*, de $0^m,25$ à 2 mètres, formé de dolomie fissurée et divisée en blocs par des veines d'ocre brune ou jaune contenant la galène en rognons informes. Dans les travaux actuels, la galène n'atteint même que 3 à 6 centimètres au maximum ; elle est accompagnée de pyrite, presque jamais de blende. La teneur moyenne en argent est de 0,04 p. 100.

Pour terminer, nous ajouterons seulement quelques mots sur les gisements de calamine de *Boleslaw*, à Sosnowice, en *Pologne russe*[1] où les travaux, encore très voisins de la superficie, présentent cet intérêt de nous montrer ce qu'étaient les gisements silésiens avant l'épuisement, désormais accompli, des parties riches superficielles.

[1] Coll. *Ecole des Mines*, n° 970.

A Boleslaw, on s'est borné, jusqu'ici [1], à exploiter un mamelon saillant de dolomie calaminaire, mamelon de 600 mètres de diamètre, dès à présent recoupé par d'innombrables puits de 15 à 25 mètres de profondeur reliés par un réseau de galeries et d'excavations. Au Nord et à l'Est, des galeries se prolongent encore pendant près d'un kilomètre, souvent dans le minerai.

L'imprégnation est irrégulière et assez pauvre en général, mais très étendue. La calamine prend volontiers un aspect bréchiforme et englobe des noyaux de dolomie inaltérés ; la présence fréquente de blende blanche subsistante aide à se rendre compte comment le métamorphisme s'est produit suivant un réseau de fissures. Il est assez curieux que la galène se présente également suivant un système de veines complexes du même genre.

### *Bibliographie.*

1781. V. Carosi. — Reisen durch verschiedene polnische Provinzen.
1794. Kapp. — Skizzen aus der Geschichte des Schlesischen Mineralreichs.
1802. L. de Buch. — Geogn. Beobacht. auf Reisen.
1813. Schultz. — Vorkommen des Bleiglanzes und Galmey bei Tarnowiz.
1818. Karsten. — Zustand der Bergbau und Hütt. in Schleisen. (*Karst's Arch.*, t. I, cahier 2. Breslau.)
1822. V. Oeynhausen. — Versuch einer geognost. Beschr. von Oberschlesien;
1856. V. Carnall. — Bergwerks Verhältnisse im preuss. St. (*Arch. f. Landeskunde der preuss. Monarchie.* Berlin.)
1857. Steinbeck. — Geschichte des Schleischen Bergbaus. Berlin.
1860. V. Carnall. — Oberschlesiens Gebirgsschichten. (*Wochens. des Schlesisch. Ver. f. B. u. H.* Breslau.)
1865. Eck. — Die Formationen des bunten Sandsteins und des Muschelkalks in Oberschlesien (Berlin).
1866. V. Krug. — Erzlagerstätten des Obersch. Muschelk. (*Z. d. d. geol. Ges.*, t. II, p. 206.)
1866. Websky. — Die Bildung der Galmeylagerstätten in Obersch. (*Z. d. d. geol. Ges.*, t. IX, p. 7.)
1870. Roemer. — Geologie von Oberschlesien. (Breslau, 2 vol et atlas) avec appendice sur les substances minérales utiles par Runge.
1879. V. Groddeck, p. 33.
1881. de Béchevel. — Sur l'industrie du zinc en Silésie. (Mémoire manuscrit, n° 1013, à l'École des Mines.)
1885. Pellé. — Sur le zinc en Silésie. (Mémoire à l'école des Mines.)
1887. V. Steinhausz. — Das Zink und die Zink. industrie. (*Oestr. Zeit.*, p. 344.)

[1] Faute de moyens d'épuisement qui deviennent aujourd'hui nécessaires.

1887. CAPPEL. — Uber die Erzführung des Oberschlesischen Trias nördlisch von Tarnowitz. (*Oest. Zeit.*, p. 99.)

KOSINSKI. — Carte géologique de la région de Boleslaw. (Pologne).

1888. Oberschlesien; sein Land und Industrie. (*Glückauf.*, p. 609, 617, 626.)

1889. V. BERNHARDI.— Uber die Bildung der Erzlagertätten in Oberschlesien. (*Z. Obersch. B. u. H. V.*, p. 47.)

1890. V. BERNHARDI. — Uber die Lage der Oberschleisisch. Bergwerk und Hütten Industr. (*Z. Obersch. B. u. H. V.*, 1890, p. 249.)

1880-1892. (*Zeits. f. d. B. H. u. S. im preuss. St.* (passim).

GÜRICH. — Geol. Übersichts Karte Schlesiens mit Erläuterung. Breslau.

DEGENHAADT. — Der obschles. polnische Berg District. Übersicht carte.

1892. L. DE LAUNAY. — Notes de voyage inédites.

## *Bibliographie générale du zinc.*

1867. FUCHS. — Le zinc à l'Exposition de 1867.

1876. LAUR. — Les calamines. (*Ind. min.*, 2e, t. V, p. 275 et 413.)

1879. STRECKER. — Die Zinkhütten der *Ver. Saatten.* (*Leoben J.*, 1879, p. 282 ; et *B. u. H. Z.*, 1879, p. 395.)

1880. CSZYKOWSKI. — La blende dans les *Pyrénées-Orientales* et la région du Canigou. (*Ind. min.*, t. II, p. 8 et 369.)

1881. MALLET. — On the occurrence of zinc ore with Barytes in the Karnul districts of *India* (t. XIV, p. 196. Calcutta, 1881).

1884. BECO. — Zinc et cuivre aux *États-Unis*. (*Cuyper*, t. II, p. 129.)

1885. DIEULAFAIT. — Explication de la concentration des minerais de zinc carbonaté dans les terrains dolomitiques. (C. R., t. C, p. 815. Paris, 1885.)

1886. BALL. — Zinc and zinc ores. (*The scientific proceedings of the royal Dublin Society*, t. V, p. 321. Dublin, 1886.)

188 . V. SCHWARZE. — Ueber die Zinkblende und Bleierz Vorkommen zu Silbeek. (*Verhandlungen des naturhistorichen Vereines der preussischen Rheinland. Westphalen des Regierungs Bezirks Osnabruck*, 3e année, p. 75. Rome, 188 .)

1887. GORGEN. — Sur la production artificielle de la zincite et de la willémite. (*Bull. de la Soc. française de minéralogie*, t. X, p. 36. Paris, 1886.)

1890. W.-H. SEAMEN. — Zinciferous Clay of Southwest *Missouri* and a Theory as to the growth of the Calamine of that Section. (*The Am. J. of Soc.*, t. XXXIX, p. 38, New-Haven, 1890.)

# CADMIUM, ZIRCONIUM

## ET AUTRES MÉTAUX RARES

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Cd; | Eq = 57 | — P. at = 112 | Zr; | Eq = 44,75 | — P. at = 89,6 |
| In; | Eq = 37,80 | — P. at = 113,4 | Nb; | Eq = 47 | — P. at = 94 |
| Gal; | Eq = 34,9 | — P. at = 69,8 | Ta; | Eq = 91 | — P. at = 182 |
| Tl; | Eq = 204 | — P. at = 203,6 | Ce; | Eq = 46 | — P. at = 141,2 |
| | | | La; | | — P. at = 138,2 |
| | | | Di; | | — P. at = 145,4 |
| | | | Yt; | | — P. at = 89,6 |
| | | | Er; | | — P. at = 170,6 |

Nous nous proposons, dans ce chapitre, d'étudier quelques métaux secondaires : les uns se rapprochant du zinc, comme le cadmium, l'indium, le gallium et le thallium; les autres se rattachant plutôt à la famille de l'étain et du titane, comme le zirconium, le niobium, le tantale, le cérium, le didyme, le lanthane, etc.

**Cadmium**[1]. — Le cadmium, que ses propriétés chimiques et ses gisements rapprochent du zinc, est surtout utilisé à l'état de jaune de cadmium ou jaune brillant (sulfure), obtenu en précipitant les sels de cadmium par l'acide sulfhydrique.

Le sulfure est également recherché pour la parfumerie, où on l'emploie sous forme de pâte broyée à l'huile, pour donner aux savons de toilette une nuance jaune vif; il sert en pyrotechnie à obtenir des feux bleus, etc...

Le cadmium métallique, qui se dépose bien sur le fer par l'électrolyse, a été quelquefois adopté par la marine pour recouvrir des chaînes qui résistent mieux ainsi à l'eau de mer.

[1] 1873. Wagner. (*Chim. Ind.*)
1882. O. Mügge : Greenockit von Kilpatrik in Schottland (*N. J. Min.*, 2, 1,18.)
1883. D'Achiardi, i. minerali, etc... II, p. 471.

Son sulfate et son iodure ont quelques applications en médecine (l'iodure comme collyre astringent); l'iodure et le bromure servent aux photographes pour la sensibilisation du collodion.

Enfin, le cadmium entre dans la composition de plusieurs alliages, tels que l'alliage fusible de Wood (plomb, étain, bismuth, cadmium), l'alliage des clichés d'imprimerie (50 de plomb, 36 d'étain, 22, 5 de cadmium); son amalgame est utilisé par les dentistes, etc.

Le cadmium est livré au commerce en baguettes du poids de 60 à 90 grammes; il vaut de 12 fr. 50 à 16 francs le kilogramme.

Ses minéraux sont : la Greenockite (CdS), tenant 77,8 de cadmium, isomorphe avec la wurtzite ou sulfure de zinc rhomboédrique d'Oruro (Bolivie) et assimilable également avec d'autres sulfures tels que la pyrrhotine ou la nickéline; puis l'Eggonite ($Cd^m Si^n O^{2n+m}$), etc. Le cadmium se trouve, de plus, et surtout, dans un grand nombre de blendes, carbonates et silicates de zinc. La calamine de Silésie en renferme jusqu'à 5 p. 100; la blende d'Eaton (Etats-Unis), 3, 2 p. 100; la calamine de Wiesloch[1], 3 p. 100, etc.

On l'extrait toujours, comme produit accessoire, de gisements de zinc, le cadmium, plus volatil que le zinc, passant dans les premiers produits de la distillation qui arrivent à en renfermer 14 p. 100. Parmi les mines fournissant du cadmium, nous citerons celles de la Silésie (7 321 kilogrammes en 1887), et celles de la Vieille-Montagne (3 à 400 kilogrammes, extraits de minerais d'Espagne). Aux Etats-Unis, on a signalé la greenockite dans le S.-O. de l'Etat de Missouri, dans les mines de zinc de Friedensville, comté de Lehig, en Pensylvanie, etc.

**Indium**[2]. — Nous nous contenterons d'ajouter que l'*indium* est, de même, associé au zinc et a été découvert, en 1863, par Richter dans la blende de Freiberg qui en contient 0,00025 à 0,0004 en poids. On en retrouve des traces dans les minerais de Norvège : il n'a aucun emploi.

[1] Voir page 428.

[2] Eq = 37,80; P. at = 113,4. Voir Richter (Notes sur l'indium), C. R. 64,82. — Wleugel, Uber das Vork. von Indium in Norvegischen Mineralien (Mag. f. Nature, 24, 333).

**Gallium** [1]. — Le gallium, qui est aussi un métal rare des gîtes de zinc, a été trouvé en 1875 par Lecoq de Boisbaudran dans la blende de Pierrefitte (Pyrénées), dans celle des Asturies et dans celle de Bensberg. Cette dernière, qui est la plus riche, en renferme $\frac{1}{60\,000}$.

**Thallium** [2]. — Le thallium a été découvert, en 1861, par Crookes, dans un résidu sélénifère d'une fabrique d'acide sulfurique, à Tilkerode (Harz), et préparé à l'état métallique, en 1862, par Lamy.

De Kobell a reconnu sa présence dans les blendes du Brisgau et de Westphalie, ainsi que dans les minerais de zinc de Raibl en Carinthie. On le retrouve dans diverses pyrites de fer ou de cuivre; mais le seul minéral qui le renferme en proportion notable est la *Crookésite*, signalée par Nordenskiöld dans la mine de cuivre de Skrikerum en Suède, et qui contient :

$$Se = 33{,}28;\ Cu = 45{,}76;\ Tl = 17{,}25;\ Ag = 3{,}71.$$

**Zirconium**. — Le zirconium, dont nous n'avons également que quelques mots à dire, se rapproche, par ses propriétés, du silicium, du titane et de l'étain. Il est associé, dans ses gisements, à d'autres métaux rares, tels que le cérium, l'yttrium, etc.

Pendant longtemps, il n'a eu d'autre application que de former, à l'état de zircon ($ZrO^2$, $SiO^2$), une gemme d'assez peu de valeur. Récemment (sept. 1892) on a eu l'idée d'utiliser un de ses sels, l'oxalate de zircone, pour obtenir un bel éclairage par incandescence. A cet effet, on place, au-dessus d'un bec de gaz disposé en brûleur Bunzen, un cône de coton imbibé d'oxalate qui se carbonise en une trame fragile donnant une clarté très vive.

Le minéral du zirconium est le zircon (67 p. 100 d'oxyde de zirconium), qui est, lui-même. un élément essentiel des syénites

[1] Eq = 34,9; P. at = 69,8. Voir CR. t. LXXXI, p. 493 et 1100. — Cf. d'Achiardi, II, 414, et Nature, 1878, n° 250, p. 241.

[2] Tl; Eq = 204 — P. at = 203,6 — 1861. Crookes : On the existence of a new element. (*Chem. News*, 1861, 3, 193.) — 1862. Lamy : *Soc. imp. des Sciences de Lille*. — Nordenskiöld : *Ann. Chem. Pharm.*, 145, 127. — 1878. De Kobell : Sitzungsber. der kk. Akadem., IV, 552; résumé dans Lapparent : Revue de géologie. (*Ann. d. M.* 7, t. XVII, p. 73.)

éléolithiques, qualifiées, pour cette raison, de zirconiennes. On en connaît de beaux gisements en Norvège (Brevig, etc.); dans les monts Ilmen, près de Miask (Oural); à Matura et Saffragan (Ceylan); à Madras, dans l'Inde, etc. D'ailleurs le zircon est un minéral beaucoup plus commun qu'on ne le croyait jadis et dont l'analyse microscopique a révélé la présence fréquente à l'état d'inclusions entourées d'auréoles polychroïques, dans les silicates magnésiens et ferrugineux d'un grand nombre de roches éruptives ou métamorphiques.

**Niobium et Tantale**[1]. — Le niobium et le tantale se rencontrent presque toujours associés dans les minéraux complexes qui les contiennent.

En 1801, Hatchett découvrit le tantale dans un minéral de Colombie (la Colombite), qui a la forme cristalline du wolfram. L'année suivante, Ekeberg le retira de deux autres minéraux : l'un, tantalite de Finlande; l'autre yttrotantalite d'Ytterby en Suède.

La tantalite a été retrouvée au Groenland, à Haddam (Connecticut), à Bodenmais (Bavière), à Chanteloube dans la Haute-Vienne, etc.

Elle se présente, suivant les points, avec des différences considérables de densité, tenant à l'association du tantale et du niobium, reconnue, en 1864, par Marignac, et est isomorphe avec les tungstates de fer et de manganèse.

En dehors de cette affinité avec le tungstène, on peut remarquer l'association constante de l'acide stannique et de l'acide titanique aux minerais niobifères. Les niobides (nom réservé aux tantalites les plus riches en niobium) contiennent constamment des acides titanique, stannique, tungstique et quelquefois de la zircone. Inversement, le wolfram et la cassitérite renferment généralement de l'acide niobique.

**Cérium, Didyme et Lanthane; Yttrium, Erbium, etc.** — En 1803,

[1] Nb; Eq = 47 — P. at = 94. — Ta; Eq = 91 — P. at = 182. — Voir : 1802. Hatchett. *Philos. Trans.*, 49. — Ekeberg. *Ann. der Chemie*, 43, 276. — Rose. *Pog. Ann.*, 63, 307 et 693, 69, 118. — Blomstrad. Sur les métaux des minéraux tantalifères. (*Ann. der Chemie u. Ph.*, t. CXXXV, p. 168.) — 1883. D'Achiardi, II, 565. — 1888 Joly. Le Niobium et le Tantale. (*Encyclopédie chimique.*)

Berzélius, Hésinger, et Klaproth, découvrirent simultanément, dans la cérite de la mine de fer de Bastnas, une terre, d'où Mosander, en 1839, parvint à extraire le cérium, le lanthane et le didyme.

Ces trois corps sont à peu près inséparables dans leurs gisements et se rapprochent également de l'yttrium, de l'erbium, etc., qui forment des oxydes analogues. On les trouve dans un certain nombre de minéraux, surtout développés en Scandinavie, au milieu des syénites éléolithiques riches en zircon : minéraux parmi lesquels nous nous bornerons à citer, outre la cérite, la monazite, l'eukrasite, la mosandrite, l'orthite, l'allanite, etc... Dans les mêmes gisements, se rencontrent la gadolinite, où le docteur Gadolin découvrit l'yttria ; la thorite ou orangite, etc... On en a retiré, au moyen de l'analyse spectrale, toute une série de métaux : Yttrium, Erbium, Terbium, Itterbium, Philippium, Decipium, Scandium, etc.

Sans insister sur ces métaux sans emploi, nous remarquerons seulement leur association avec des métaux du groupe stannifère, et spécialement avec les métalloïdes qui caractérisent ce groupe, le silicium (avec le titane ou l'étain), le phosphore et le fluor. Les minéraux qui les produisent sont, pour la plupart, des combinaisons complexes, où entre au moins l'un de ces éléments.

M. Cossa a reconnu la présence, relativement fréquente, du didyme dans des apatites ou des scheelites ; suivant lui, il en existerait même dans les os des animaux et les cendres des plantes [1].

En 1891, la statistique suédoise mentionne l'extraction de 13t,5 d'allanite (cerium).

[1] Voir : Rev. de géol. (*Ann. d. M.*, 7e, t. XVII, p. 73.) — Cf. d'Achiardi, II, 417.

# PLOMB

Pb; Eq = 103,5; P. at = 207

## USAGES ET STATISTIQUE

Le plomb est utilisé dans l'industrie, soit sous forme de plomb métallique, soit à l'état de composés divers : oxyde, sulfate, carbonate, etc.

Les usages du *plomb métallique* sont fondés principalement sur ce qu'il est facilement laminable, tendre, dépourvu d'élasticité, dense (11,35), inattaquable à l'acide sulfurique, fusible à basse température (vers 330°), etc... Il a l'inconvénient de s'altérer au contact des eaux et de donner des sels toxiques.

On l'emploie sous forme de feuilles servant à recouvrir les toits ou l'intérieur des réservoirs, de tuyaux obtenus par compression et pouvant se plier à la main sans effort, de fils moins altérables que ceux de fer et faciles à couper pour les travaux du jardinage, de balles, de plomb de chasse[1], etc. Comme toiture, il a deux défauts qui lui font préférer le zinc : son poids et sa fusibilité (qui constitue un danger en cas d'incendie.) On s'en sert également pour garnir les chambres destinées à la fabrication de l'acide sulfurique. Uni à l'antimoine, il donne l'alliage des caractères d'imprimerie ; avec l'étain, il compose des soudures diverses et des alliages fusibles.

[1] Le plomb de chasse contient 1 à 2 millièmes d'arsenic, qui lui donnent la propriété de se mettre en granules, quand on le fait couler de très haut.

PROD

QUANTITÉS

| ANNÉES | FRANCE | | ILES BRITANNIQUES | | PRUSSE | | SAXE | | BAVIÈRE | | AUTRES PA ALLEMAND | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Tonnes | Fr. | Tonnes | Fr. | Tonnes | Fr. | Tonnes | Fr. | Tonnes | Fr. | Tonnes | Fr |
| 1880 | 13 990 | 231 | 73 329 | 281 | » | » | 3 800 | 195 | 300 | 110 | 2 400 | |
| 1881 | 14 112 | 220 | 65 673 | 252 | 148 800 | 153 | 1 7(0 | 207 | » | » | 2 300 | |
| 1882 | 13 778 | 242 | 64 559 | 252 | 157 235 | 152 | 4 600 | 188 | 1 562 | 144 | 2 600 | |
| 1883 | 14 300 | 254 | 52 000 | 212 | 149 000 | 141 | 3 400 | 145 | 2 400 | 144 | 2 200 | |
| 1884 | 11 700 | 237 | 55 000 | 184 | 141 000 | 129 | 28 900 | 221 | 3 800 | 83 | 2 000 | |
| 1885 | 11 000 | 234 | 52 000 | 198 | 140 000 | 127 | 18 000 | 296 | 220 | 86 | 3 000 | |
| 1886 | 15 870 | 208 | 54 000 | 220 | 140 000 | 135 | » | » | 1 600 | 97 | » | |
| 1887 | 17 200 | 223 | 52 000 | 207 | 142 000 | 135 | 26 000 | 197 | » | » | » | |
| 1888 | 19 650 | 215 | 52 000 | 212 | 143 000 | 138 | 30 000 | 169 | 3 400 | 86 | » | |
| 1889 | 20 720 | 219 | 49 000 | 221 | 144 000 | 140 | 30 000 | 169 | 4 400 | 94 | 7 600 | |
| 1890 | 26 000 | 205 | 46 000 | 221 | 149 000 | 144 | » | » | » | » | » | |
| 1891 | 26 000 | 183 | 45 000 | 202 | 140 000 | 140 | 31 500 | 182 | 4 400 | 94 | 5 500 | |

QUANTITÉS

| ANNÉES | FRANCE | | ILES BRITANNIQUES | | PRUSSE | | SAXE | | BAVIÈRE | | AUTRES PA ALLEMAND | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Tonnes | Fr. | Tonnes | Fr. | Tonnes | Fr. | Tonnes | Fr. | Tonnes | Fr. | Tonnes | Fr. |
| 1880 | 6 467 | 371 | 57 803 | 416 | » | » | » | » | » | » | » | |
| 1881 | 7 097 | 367 | 49 286 | 373 | » | » | 4 900 | 347 | » | » | 2 600 | 316 |
| 1882 | 8 196 | 325 | 49 286 | 373 | 89 551 | 334 | 1 800 | 334 | » | » | 2 900 | 329 |
| 1883 | 7 830 | 284 | 56 000 | 323 | 88 700 | 296 | 4 160 | 314 | » | » | 3 200 | 300 |
| 1884 | 6 400 | 265 | 64 900 | 280 | 92 000 | 262 | 4 000 | 272 | » | » | 3 700 | 258 |
| 1885 | 4 900 | 262 | 59 000 | 285 | 90 000 | 257 | 4 500 | 291 | » | » | 3 000 | 288 |
| 1886 | 3 900 | 302 | 54 400 | 334 | 90 000 | 294 | » | » | » | » | » | » |
| 1887 | 6 000 | 300 | 52 800 | 319 | 92 500 | 291 | 4 400 | 330 | » | » | 2 000 | 300 |
| 1888 | 6 400 | 309 | 52 200 | 350 | 93 000 | 314 | 4 200 | 338 | » | » | » | » |
| 1889 | 5 400 | 303 | 47 800 | 332 | 93 000 | 313 | 6 000 | 318 | 2 000 | 282 | » | » |
| 1890 | 4 600 | 338 | 49 800 | 333 | 94 000 | 309 | » | » | » | » | » | » |
| 1891 | 6 700 | 312 | 4 9 400 | 309 | 87 000 | 297 | 5 500 | 326 | » | » | » | » |

E PLOMB

FRANCS

| | ITALIE | | SUÈDE | RUSSIE | ESPAGNE | | ÉTATS-UNIS | TOTAL approximatif du monde entier |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Tonnes | Fr. | Tonnes | Tonnes | Tonnes | Fr. | Tonnes | Tonnes |
| | 37 335 | 242 | 12 988 | » | 320 889 | 87 | » | 796 807 |
| | » | » | 11 800 | » | 367 623 | 136 | 74 000 | 770 766 |
| | 46 300 | 177 | 13 700 | 23 300 | 364 000 | 137 | » | 823 364 |
| | » | » | 14 000 | 28 500 | 305 000 | 128 | » | 737 000 |
| | 47 400 | 152 | 15 900 | 29 000 | 357 000 | 115 | » | 667 000 |
| | 41 700 | 140 | 15 000 | 30 000 | 287 000 | 118 | » | 749 000 |
| | 39 841 | 178 | » | » | 365 000 | 130 | » | 671 000 |
| | 28 000 | 183 | 15 600 | 28 000 | 306 000 | 138 | » | 748 000 |
| | 25 000 | 197 | 11 700 | 37 500 | 540 000 | 124 | » | 781 000 |
| | 37 000 | 191 | 16 600 | » | » | » | » | 1 023 000 |
| | » | » | » | » | » | » | » | 1 065 000 |
| | 32 000 | 212 | 15 000 | 30 000 | 464 000 | 81 | » | 1 036 000 |

FRANCS

| | ITALIE | | SUÈDE | RUSSIE | ESPAGNE | | ÉTATS-UNIS | | TOTAL approximatif du monde entier |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Tonnes | Fr. | Tonnes | Tonnes | Tonnes | Fr. | Tonnes | Fr. | Tonnes |
| | » | » | 197 | » | 7980 8 | 244 | » | » | 3035 83 |
| | » | » | 380 | » | 90 672 | 333 | » | » | 262 777 |
| | 13 000 | 370 | 243 | 573 | 88 300 | 310 | 120 531 | » | 281 584 |
| | » | » | 90 | 540 | 99 300 | 298 | 130 568 | » | 417 000 |
| | 15 000 | 300 | 400 | 630 | 88 300 | 289 | 127 000 | 430 | 432 000 |
| | 16 500 | 299 | 270 | 700 | 89 000 | 291 | 117 000 | 463 | 414 000 |
| | 19 508 | 330 | 200 | 800 | 106 000 | 270 | 123 000 | 530 | 422 000 |
| | 17 800 | 309 | 210 | 1 000 | 127 000 | 261 | 146 000 | 510 | 474 000 |
| | 17 500 | 337 | 330 | 580 | 235 000 | 343 | 164 000 | 500 | 517 000 |
| | 18 200 | 340 | 250 | » | » | » | 186 000 | 504 | 630 000 |
| | » | » | » | » | 191 200 | » | 164 000 | 504 | 646 000 |
| | 17 800 | » | 299 | 800 | » | » | 147 000 | 504 | 581 000 |

L'*oxyde de plomb* anhydre constitue la litharge; l'oxyde $Pb^3O^4$, le *minium* dont les emplois sont, à leur tour, assez divers : le minium sert comme matière colorante; fournit, à l'état de mélange avec la céruse, un mastic destiné à luter les orifices des machines à vapeur; entre surtout dans la composition du cristal, etc...

Le *sulfate de plomb* est utilisé dans la fabrication des papiers peints, du vernis des cartes dites porcelaine, etc.

Le carbonate de plomb, ou *céruse*, donne une matière colorante d'un blanc très pur et très opaque qui couvre bien, mais s'altère rapidement, etc.

Les *minerais de plomb* commerciaux sont : avant tout, le sulfure et, accessoirement, le carbonate.

**Production du plomb.** — Deux tableaux, insérés plus haut, aux pages 468 et 469, résument, d'après la statistique de l'industrie minérale française, la *production* des *minerais de plomb* et du *plomb* dans ces dernières années :

Par ordre d'importance, on en déduit :

PRODUCTION DES MINERAIS DE PLOMB

| | 1889 | 1890 | 1891 |
|---|---|---|---|
| Espagne | 540 000 t. à 124 fr. | 300 374 à 55,83 | 464 000 — 81 |
| Etats-Unis | — | — | — |
| Allemagne — Prusse | 149 000 — 140 — | 149 000 — 144 | 140 000 — 146 |
| Allemagne — Saxe | 30 000 — 169 — | 30 000 — | 31 500 — 185 |
| Allemagne — Bavière | 14 400 — 94 | 4 400 — 94 | 4 400 — 96 |
| Allemagne — Autres pays | 17 600 — 133 | 7 600 — 133 | 5 500 — 164 |
| Australie | 12 600 — plus 20 900 de métal. | 48 000 — plus 50 000 de métal. | 134 500 — 506 |
| Hongrie | 89 000 — 42 — | 89 000 — | 90 500 — 33 |
| Grande-Bretagne | 49 000 — 221 — | 46 000 — 221 | 45 000 — 202 |
| France — France | 20 000 — 219 — | 26 000 — 205 | 26 000 — 183 |
| France — Nlle-Calédonie | 500 — 150 — | 2 500 — 150 | 2 500 — 150 |
| France — Algérie | 720 — 196 — | 400 — 174 | 550 — 150 |
| Italie | 37 000 — 197 — | 32 187 — 202,16 | 32 000 — 212 |
| Russie | 38 000 — | 37 500 — | 30 000 — |
| Suède | 16 600 — | 16 600 — | 15 000 — |
| Grèce (Laurium) | 15 000 — | 15 000 — | — |
| Autriche | 12 800 — 219 — | 11 300 — 211 | 13 300 — 197 |
| Chili | 3 300 — | 2 100 — | — |
| Bolivie, Pérou, République Argentine | 2 600 — | 2 600 — | — |
| Belgique | — | — | 70 — 115 |
| Total approximatif. | 1 000 000 tonnes. | 1 065 000 tonnes. | 1 036 000 tonnes |

## PRODUCTION DE PLOMB MÉTAL

| | 1889 | 1890 | 1891 |
|---|---|---|---|
| Espagne (1888). | 235 000 t. à 343 fr. | 191 200 | 191 200 |
| États-Unis [1] . . | 186 000 — 504 — | 164 000 | 147 000 à 504 |
| Prusse. . . . . | 93 000 — 313 — | 94 000 à 309 | 87 000 à 297 |
| Grande-Bretagne (11 500 importations) . . . | 47 800 — 333 — | 49 800 à 333 | 49 400 à 309 |
| Italie . . . . . | 18 200 — 340 — | 17 768 à 320 | 17 800 |
| Belgique. . . . | 9 400 — 311 — | 12 700 à 307 | 12 700 à 307 |
| Grèce (export. en Angleterre). . | 11 000 — | 12 000 | 12 000 |
| Autriche. . . . | 10 500 — 416 — | 10 200 à 410 | 10 000 à 390 |
| Saxe. . . . . | 6 000 — 318 — | 5 500 à 326 | 5 500 à 326 |
| Bavière et autres pays allemands. . . . | 6 000 — 318 — | 5 400 à 291 | 5 400 à 291 |
| France. . . . . | 5 400 — 303 — | 4 600 à 338 | 6 700 à 312 |
| Australie. . . . | 20 900 — 924 — | 50 000 | 2 100 à 699 |
| Hongrie . . . . | 3 035 — 305 — | 3 033 | 1 300 à 355 |
| Russie. . . . . | 1 000 — | | 800 |
| | 630 000 tonnes. | 646 000 tonnes. | 581 000 tonnes |

Comme le montrent les tableaux précédents, l'*Espagne* es aujourd'hui le grand centre de production du plomb dans le monde. C'est elle, en particulier, qui fournit la presque totalité de ce métal consommé en France.

**Espagne.** — Les provinces d'Espagne qui produisent du plomb sont celles de Murcie, Jaen, Almeria, Badajoz, Grenade, Ciudad Real, Cordoue, etc...

Quelques chiffres donneront une idée de l'importance de leur extraction [1] :

[1] Environ 30000 tonnes de plomb sont extraites, aux Etats-Unis, de minerais mexicains.

[2] Les chiffres, empruntés aux statistiques officielles espagnoles, sont notoirement inexacts et ne peuvent être considérés que comme un minimum.

| DISTRICTS | 1861 | 1869 | 1888 | 1890 |
|---|---|---|---|---|
| | Gal. arg. | Gal. arg. | Gal. arg. | Gal. arg. |
| Murcie (Carthagène et Mazarron). . . | 283 503 | 164 513 | 140 190 | 116 911 |
| Jaen (Linarès) . . . . . | 18 006 | 67 271 | 81 815 | 116 240 |
| Badajoz (Peñarroya, etc.) . . . . . | 3 300 | 4 560 | 21 528 | » |
| Almeria (Sierra-Almagrera) . . . . . | 38 659 | 56 182 | 9 394 | 28 712 |
| Grenade . . . . . | 7 286 | 4 072 | 3 782 | » |
| Ciudad Réal (Horcajo, la Romana). . | 755 | 5 148 | 3 267 | » |
| Cordoue (Casiano de Prado, etc.). . . | 218 | 3 400 | 1 968 | 57 845 |
| Total (y compris divers gîtes accessoires) | 357 519 | 312 775 | 265 379 | 464 000 |

PRODUCTION DE MINERAIS DE PLOMB DANS LE DISTRICT DE LINARÈS-LA-CAROLINA

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1881. . | 118 325 t. | 1885. . | 101 535 t. | 1889. . | 112 500 t. |
| 1882. . | 110 720 t. | 1886. . | 115 730 t. | 1890. . | 116 240 t. |
| 1883. . | 111 738 t. | 1887. . | 119 987 t. | 1891. . | 115 000 t. |
| 1884. . | 117 485 t. | 1888. . | 114 300 t. | | |

Quant à la production de plomb métal, qui occupe 1 819 ouvriers et 337 femmes, elle se décompose ainsi, en 1888 :

| | |
|---|---|
| Murcie (29 usines). . . . . | 38 247 |
| Cordoue (3 usines). . . . . | 35 740 |
| Jaen (usines de la Fortuna, la Tortilla et la Cruz à Linarès). | 32 558 |
| Guipuzcoa (usine de Capuchinos à Renteria) . . . . . | 8 520 |
| Almeria (9 usines) . . . . . | 6 700 |
| Malaga (usine de Heredia). . . . . | 3 352 |
| Ciudad-Réal (usine de Puertollano). . . . . | 1 409 |
| Total. . . . . | 125 386 |

L'exploitation des mines s'est développée en Espagne à la suite de la loi de 1825, qui leva l'interdit existant jusqu'alors sur cette industrie, et, tout d'abord, dans les sierras de Gador et d'Almagrera, connues de longue date pour les exploitations antiques dont les restes y subsistaient. Les provinces de Murcie et d'Almeria (Carthagène, Aguilas, etc.) se couvrirent alors d'un très grand nombre de concessions et il en résulta un gaspillage qui, de 1860 à 1870, alors que les autres mines de plomb espagnoles commençaient à se développer, arrêta l'essor de ces centres plus anciens. Jusqu'en 1877, on voit les chiffres d'extraction de la province de Carthagène décroître fortement; à partir de 1877, au contraire, la production du plomb y a augmenté de nouveau,

mais surtout par l'importation des minerais des régions voisines, en particulier de Linarès.

Cependant la province de Murcie, c'est-à-dire le district de Carthagène avec les exploitations voisines, reste encore, après le district de Linarès, la région la plus productrice de plomb.

C'est là, en particulier, que se trouve l'important district de Mazarron (Cies de Aguilas, de la Union, etc.), qui a produit, en 1890, 88 520 tonnes de minerai de plomb argentifère.

Le district de Linarès (Jaen), d'une importance croissante, produit à peu près 115 000 tonnes de minerai de plomb à 75 p. 100 par an.

Dans la province de Badajoz, Peñarroya (la Oscuridad, etc...), arrive à 12 000 tonnes de plomb et environ 20 000 kilogrammes d'argent[1]. D'autres exploitations appartiennent à la Société de Aguilas, au baron d'Eichthal, etc.

Dans le district d'Almeria, les mines sont celles de la Sierra Almagrera et de la Sierra de Gador.

Dans la province de Ciudad-Réal, l'Horcajo (Nuevo Peru y sus Aumentos) extrait 70 000 tonnes et occupe 1 500 ouvriers. La Romana est comptée pour 300 tonnes en 1888.

En 1891, on a commencé, en outre, des exploitations nouvelles à Villalba del Alcor (Huelva), à El Galayo (Séville), etc.

Dans cette même année, l'Espagne a exporté 140 000 tonnes de plomb.

**Etats-Unis.** — Après l'Espagne, viennent les *Etats-Unis*, où la production de plomb a passé de 1 350 tonnes en 1825, à 20 000 tonnes en 1871, 88 000 en 1880, 186 000 en 1889 et 47 000 en 1891.

La presque totalité de ce plomb provient de minerais argentifères.

Les échanges constants de minerai, qui se font entre les différents États des Montagnes Rocheuses, rendent assez difficile d'établir la répartition de la production par mines. Idaho fond peu de ses minerais et les expédie à l'Utah, au Montana, au Colorado; l'Utah en reçoit d'autres sources et expédie, par contre, certains de ses minerais.

En gros, on peut donner la répartition suivante :

[1] La statistique de 1888 mentionne, dans cette province, une seule usine en activité, à los Almadenes, ayant donné 270 tonnes de plomb métal.

| | 1886 | 1887 | 1889 |
|---|---|---|---|
| | Tonnes | Tonnes | |
| Colorado (Leadville). | 34 000 | 57 000 | 63 700 |
| Missouri et Kansas. . | 28 000 | 26 400 | » |
| Idaho. . . . . | 1 800 | 18 000 | 22 100 |
| Utah . . . . . | 15 000 | 22 000 | 15 000 |
| Montana . . . . . | » | 10 000 | 9 100 |
| New-Mexico. . . . . | » | » | 4 300 |
| Arizona. . . . . | » | » | 2 800 |
| Nevada. . . . . | 16 000 | 3 500 | 1 800 |

Les fondeurs du *Colorado* ont obtenu, en 1887, 67 000 tonnes de plomb, dont 57 000 tonnes environ venant de la province même et 10 000 tonnes d'États voisins.

Le grand centre minier du Colorado, et même des Etats-Unis entiers, est Leadville qui a produit : en 1887, 31 000 tonnes de lingots fondus et 35 000 tonnes de minerais siliceux ou sulfurés; en 1890, 45 500 tonnes de plomb. Il arrive, d'ailleurs, à Leadville, une forte proportion de minerais d'autres centres.

Dans le district de Monarch, la mine Madonna est tombée de 40 600 tonnes de minerai en 1886, à 15 300 en 1887; la mine Eclipse a passé en tête avec 36 600 tonnes.

Le *Missouri* et le *Kansas*, où les minerais de plomb sont généralement associés à des minerais de zinc, ont été en progrès notable jusqu'en 1887; depuis, ils sont restés assez stationnaires. Au S.-O., l'Aurora et la Dwight smelting C° ont produit 8 600 tonnes; la Saint-Joseph Lead C°, à Bonne Terre, environ 13 700 tonnes : en tout, environ 26 400 tonnes de minerai. En 1887, le *Kansas* a produit 2 200 tonnes de plomb.

L'*Utah* a produit, en 1887 :

| | | |
|---|---|---|
| Germania lead works . . . . . | 3 269 | tonnes |
| Hanauer . . . . . | 5 465 | — |
| Mingo furnace Company . . . . . | 2 363 | — |
| | 10 097 | tonnes. |
| Plomb contenu dans les minerais expédiés au dehors | 9 595 | — |
| Total . . . . . | 20 692 | tonnes. |

Les mines d'Ontario, Daly et Crescent expédient, à peu près, 20 000 tonnes de minerai; Ontario : 9 900, soit 2 050 tonnes

de plomb; Daly, 3 300 tonnes, soit 790 tonnes de plomb; Crescent, 5 900 tonnes de minerai.

Le district de Bingham Cañon arrive à 24 400 tonnes de minerai, avec Brooklynled, Lead mine, etc. Ces minerais tiennent, en moyenne, 36 p. 100 de plomb, 12 onces d'argent et 10 à 15 francs d'or.

Le district de Tintic, avec les deux grandes mines de Eureka Hill et Beck and Bullion, arrive à 32 500 tonnes, dont 11 200 de fondant ferrugineux. On atteint ainsi, pour l'État : 66 000 tonnes de minerai, ou 22 000 tonnes de plomb en 1887; 15 000 tonnes de plomb en 1889.

L'*Idaho* a produit : en 1887, environ 18 000 tonnes de plomb; en 1889, 21 000, dont un tiers fondu sur place, le reste expédié en minerais en Montana, Colorado, Californie, etc.

Dans ce total, la région de Wood River entre pour environ 6 400 tonnes de plomb; la Viola Mining and Smelting Company à Nicholia, comté de Lemhi, pour 4 400. Puis, dans la région de Cœur d'Alène, la Bunker Hill and Sullivan a produit 9 000 tonnes de plomb argentifère.

En 1888, on avait :

| | |
|---|---|
| Bunker Hill and Sullivan. . . . . | 7 800 tonnes. |
| Tiger . . . . . | 6 200 — |
| Poorman. . . . . | 3 600 — |

En *Montana*, la principale mine est l'Helena Mining and Reduction Company de Wickes, qui a produit, en 1887, environ 6 600 tonnes de plomb; puis vient l'Hécla Cons. Min. C° de Glendale qui a produit, en 1887 : 2 400 tonnes de plomb, 476 719 onces d'argent et 60 tonnes de cuivre.

La production totale de l'Etat a été, en 1889, de 9 000 t. de plomb.

Dans le *Nevada*, les deux mines importantes sont Richmond Consolidated : 2 000 tonnes, et Eureka Consolidated : 1 120 tonnes. En tout, on atteint 3 500. Jusqu'en 1880, la production de cet État était beaucoup plus forte : 31 500 tonnes en 1878, 22 400 en 1879, 16 200 en 1880.

En dehors de ces États, l'*Arizona*, qui, jusqu'ici, ne fond pas de plomb, a produit, en 1889, des minerais qui en contenaient 2 800 tonnes.

Les régions qui se sont développés récemment sont le Cœur d'Alène en Idaho et le Missouri.

En outre, le *Mexique* expédie, dans la province de New-Mexico, des minerais de plomb argentifères, provenant surtout de la Sierra Mojada dans l'état de Coahuila et produisant, à peu près, 15 000 tonnes de plomb par an.

**Allemagne.** — En *Allemagne*, la production de minerais préparés se divise ainsi par régions :

| | 1880 | 1890 |
|---|---|---|
| Rhin (Coblenz, Düsseldorf, Cologne, Trèves, Aix-la-Chapelle) | 61 352 t. de min. | 60 080 t. de min. |
| Harz (Clausthal) | 42 165 — | 33 711 — |
| Silésie (Breslau, Oppeln) | 17 766 — | 32 503 — |
| Nassau | 24 687 — | 12 055 — |
| Westphalie (Arnsberg) | 8 048 — | 10 262 — |
| | 134 018 t. de min. | 147 155 t. de min. |
| Saxe | | 31 500 t. |

La production totale a passé de 105 290 tonnes en 1870, à 154 018 en 1880 et 179 000 en 1890.

La production de plomb métal, se répartit ainsi, en 1890 :

| | |
|---|---|
| District de Bonn (Province Rhénane) | 60 228 |
| Districts de Breslau et Halle (Silésie) | 19 713 |
| District de Clausthal (Harz) | 11 147 |
| District de Dortmund (Westphalie) | 43 |
| | 91 132 |

**Autriche-Hongrie.** — L'*Autriche-Hongrie* produit environ 100 000 tonnes de minerai, mais dont la majeure partie (90 000 t.), provenant de la Hongrie, se compose de minerais bruts de valeur minime. La répartition, par provinces, peut se faire en Autriche, comme suit :

| MINES | AUTRICHE | 1870 | 1880 | 1891 |
|---|---|---|---|---|
| | | Tonnes | Tonnes | Tonnes |
| 8 | Bohême (Przibram, Hies) | 1 014 gal. | 1 867 gal. | 2 474 gal. |
| | | .... gal. arg. | ... gal. arg. | 14 538 gal. arg. |
| 33 | Carinthie (Raibl, Wodleysche-Ges.) | 5 147 | 6 927 | 8 216 |
| 8 | Galicie | 558 | 665 | 1 909 |
| 1 | Tyrol (Schwaz, Rabenstein, Tarsano) | 1 996 | » | 456 |
| 2 | Carniole (Littai) | 47 | 587 | 202 |
| | Moravie (Altendorf, Bernhau) | » | » | 72 |
| | Styrie | » | » | 32 |
| | Totaux | 10 456 | 10 482 | 103 861 |

En Hongrie, on a eu, en 1890, pour les minerais de plomb :

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Beszterczebanya (Schemnitz) | 86 552 t. de gal. argent. | | | |
| Zalatna (Transylvanie) | 2 918 | — | et | 4 274 t. de galène |
| Nagybanya | » | — | | 5 830 — |
| Total | 89 470 t. de gal. argent. | | et | 10 104 t. de galène |

pour le plomb métal et le litharge :

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Nagybanya . . . . . | 819 tonnes | de plomb et | 197 t. | de litharge |
| Zalatna . . . . . | 274 | — | » | — |
| Beszterczebanya . . . . . | 171 | — | » | — |
| Total . . . . . | 1 264 tonnes | de plomb et | 197 t. | de litharge |

**Angleterre.** — En *Angleterre*, la production de minerais de plomb a varié, comme suit :

| ANNÉES | MINERAI DE PLOMB | ANNÉES | MINERAI DE PLOMB |
|---|---|---|---|
| 1856 | 103 609 tonnes | 1878 | 78 588 tonnes |
| 1870 | 99 747 — | 1880 | 73 412 — |
| 1872 | 82 869 — | 1881 | 62 737 — |
| 1874 | 77 379 — | 1889 | 49 000 — |
| 1876 | 80 361 — | 1890 | 46 000 |

Elle se répartissait, vers 1880, de la manière suivante, entre les divers districts :

| | MINERAI DE PLOMB | ARGENT |
|---|---|---|
| Northumberland (30 mines) . . . (Calc. carbonifère de la chaine pennine). | 16 869 tonnes | 58 318 onces. |
| Montgomeryshire (13 mines). . . (Cambrosilurien). | 9 041 — | |
| Shropshire (7 mines) . . . . . (Cambrosilurien). | 7 713 — (5 955 de plomb). | 2 748 — |
| Denbighshire et Flintshire (45 mines) . . . . . (Carbonifère). | 5 963 — | 26 397 — |
| Cardiganshire (31 mines) . . . . (Silurien). | 5 850 — | 47 284 — |
| Yorkshire . . . . . | 4 198 — | |
| Ile de Man . . . . . | 3 920 — | |
| Cornwall . . . . . | 2 727 — | |
| Cumberland . . . . . | 2 667 — | |
| Derbyshire . . . . . | 2 264 — | |
| Carnarvonshire . . . . . | 2 144 — | |
| Westmoreland . . . . . | 1 581 — | |

En 1891, on a :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Angleterre . | Durham . . . . . | 7 709 tonnes | de minerai. |
| | Flintshire . . . . . | 5 233 | — |
| | Derbyshire . . . . . | 4 582 | — |
| | Northumberland . . . . . | 3 264 | — |
| | Cumberland . . . . . | 2 609 | — |
| | Cardiganshire . . . . . | 2 184 | — |
| | Shropshire . . . . . | 1 893 | — |
| | Yorkshire . . . . . | 1 523 | — |
| | Westmoreland . . . . . | 1 476 | — |
| | Denbighshire . . . . . | 1 223 | — |
| Écosse . . . | Lamarkshire . . . . . | 2 117 | — |
| | Dumfriesshire . . . . . | 2 047 | — |
| Irlande . . | Wicklow . . . . . | 10 | — |
| | Ile de Man . . . . . | 6 789 | — |
| | Total pour le Royaume-Uni. | 44 570 | — |

**Russie.** — La *Russie* (Pologne) a produit, en 1889, 38 000 tonnes de minerai et seulement 1 000 tonnes de plomb.

De 1867 à 1876, la production moyenne n'était que de 1 387 tonnes par an.

**Italie.** — L'*Italie* produit environ 35 000 tonnes de minerai de plomb par an. La majeure partie vient de la Sardaigne : district d'Iglésias et Sarrabus[1]; un peu de la Toscane et de la Calabre.

La production de l'Italie a été :

| ANNÉES | ITALIE | | | IGLÉSIAS | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Tonnes | | Francs | Tonnes | | Francs |
| 1860 | 10 407 | minerai valant | 3 015 000 | 9 165 | minerai valant | 2 756 924 |
| 1870 | 26 352 | — | 6 577 000 | 25 000 | — | 6 310 000 |
| 1880 | 37 555 | — | 9 096 000 | 36 143 | — | 8 934 000 |
| 1890 | 32 187 | — | 6 507 691 | 31 705 | — | 6 439 607 |

Une usine, située à Lerici (Pertusola), dans la province de Gênes, a produit, en 1890, 17 768 tonnes de plomb et 34 248 kilogrammes d'argent.

**Australie.** — L'*Australie* n'avait, jusqu'en 1880, qu'une production insignifiante de quelques tonnes de plomb. En 1889, elle a produit 20 900 tonnes de plomb métal, plus 12 600 tonnes de minerai exporté; en 1891, 134 000 tonnes de minerai.

**France.** — En France, les minerais de plomb, généralement argentifères, ont été exploités principalement à Pontpéan, dans l'Ille-et-Vilaine et aux mines appartenant à la compagnie de Pontgibaud, dans le Puy-de-Dôme; ensuite, à Villefranche et à Asprières, dans l'Aveyron; à Sentein et à Moncoustans dans l'Ariège; à Pierrefitte dans les Hautes-Pyrénées; aux Bormettes, dans le Var (mines très développées depuis 1889); à Vialas, dans la Lozère; aux Malines, dans le Gard, etc.

[1] Voir plus haut, page 387, pour la province d'Iglesias et plus loin, à l'*Argent*, pour le Sarrabus.

| MINERAIS DE PLOMB ET ARGENT, 1886 | | MINERAI DE ZINC, 1886 | MINERAIS DE PLOMB ET ARGENT 1891 | |
|---|---|---|---|---|
| | Tonnes Francs | Tonnes Francs Francs | Tonnes Francs | Francs |
| Pontpéan . . . . . | 6 364 à 184,30 | 748 à 17,59 = 13 158 | 8 133 à 163,39 = | 1 328 850,87 |
| Traité à Couëron (Loire-Inférieure) et Selaigneaux (Belgique). | | | | |
| Villefranche et Asprières. | 2 000 à 389,15 | | 6 114 à 208,70 = | 1 275 994, 00 |
| (Angleterre, Pontgibaud). | | | | |
| Pontgibaud . . . . . | 2 425 à 216,48 | | 2 425 à 213,10 = | 516 769.00 |
| (Pontgibaud et Stolberg en Allemagne). | | | | |
| Merrefitte. . . . . | 669 à 237,42 | 182 à 44,22 = 8 048 | 1 994 à 260.84 = | 521 120,00 |
| (Angleterre). | | | | |
| Carmettes (Var) . . . . . | 500 à 230,00 | 2 192 à 60,00 = 131 520 | 1 660 à 172,22 = | 285 881,20 |
| (Traité à Anvers). | | | | |
| Pontein et Moncoustans. . | 676 à 219,63 | 1 069 à 35,00 = 37 415 | 592 à 170,42 = | 100 891,00 |
| (France, Swansea). | | | | |
| Molas. . . . . | 317 à 312,00 | | 203 à 326,50 = | 66 452,00 |
| Molines. . . . . | 182 à 191.00 | | 111 à 110,00 = | 12 210.00 |
| Total. . . . . | 14 672 à 208,00 | | 21 232 à 193,50 = | 4 108 172,07 |

La France consomme environ 56 000 tonnes de plomb par an, dont un dixième seulement provient des gisements français.

**Belgique.** — La Belgique, qui, en 1880, produisait encore 6 434 tonnes de minerai de plomb, n'en a plus produit que 70 en 1891 ; mais, par suite de l'importation de minerais étrangers, elle arrive encore (1891) à 12 700 tonnes de plomb métal.

**Prix des minerais de plomb.** — L'*estimation d'un minerai* de plomb dépend, avant tout, du prix du métal qui a varié, de 1860 à 1892, comme l'indique le tableau suivant, donnant les prix moyens par 100 kilogrammes à Marseille :

| | Francs | | Francs | | Francs | | Francs |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1860 | 50,50 | 1869 | 44,00 | 1878 | 44,70 | 1887 | 31,50 |
| 1861 | 49,00 | 1870 | 44,00 | 1879 | 35,50 | 1888 | 35,40 |
| 1862 | 46,60 | 1871 | 46,00 | 1880 | 38,50 | 1889 | 32,00 |
| 1863 | 47,70 | 1872 | 45,00 | 1881 | 35,50 | 1890 | 32,00 |
| 1864 | 49,00 | 1873 | 51,00 | 1882 | 34,60 | 1891 | 28,00 |
| 1865 | 48,00 | 1874 | 53,50 | 1883 | 32,00 | 1892 | 27,00[1] |
| 1866 | 47,00 | 1875 | 51,80 | 1884 | 28,20 | | |
| 1867 | 47,00 | 1876 | 52,20 | 1885 | 28,20 | | |
| 1868 | 45,50 | 1877 | 50,50 | 1886 | 31,70 | | |

Elle dépend également, la plupart des galènes étant argentifères, du cours de l'argent.

[1] On cote, en janvier 1893, 26 francs les 100 kilogrammes.

Ceci posé, pour avoir la valeur d'une tonne de galène à 60 p. 100 de plomb et 750 grammes d'argent à la tonne, par exemple, on fera le calcul suivant :

Déduisons, pour le traitement métallurgique, 7 unités de la teneur en plomb et comptons, en moyenne, 65 francs de frais de fusion, nous avons, le plomb étant à 0,32, $530 \times 0{,}32 - 65 = 101$; 750 grammes d'argent à 192 francs, moins 60 francs de désargentation, donnent 84 francs. Du total (185 francs), il reste à retrancher 5 p. 100 pour l'escompte commercial et les frais de transport.

Cette formule dépend naturellement des usages locaux : c'est ainsi qu'à Linarès (Espagne), on compte les frais de fusion à 56,25 ; et, pour l'évaluation rapide de la valeur d'un minerai, on a adopté une sorte d'étalon de 8 francs par quintal castillan de 46 kilogrammes pour une galène à 75 p. 100 de plomb [1], le cours du métal à Londres étant de 325 francs ; pour chaque livre sterling de variation sur le marché anglais, il suffit d'ajouter ou de retrancher 0,75 du prix du quintal.

Pour les carbonates on estime, en moyenne, à Linarès, 3 francs à 3 fr. 50 centimes le quintal castillan à 45 p. 100 de plomb pour le même cours du plomb.

En Sardaigne, nous avons donné [2] une formule de vente :

$$V = \frac{(t - a)\,P}{100} + Ag.\,p - FP - fp - \text{transport}$$

où V représente la valeur du quintal en francs ; $t$ la teneur en plomb ; $a$, une constante qui varie de 6, 7 à 8 ; P, le prix du quintal de plomb ; Ag, le prix courant de l'argent ; p, le poids de l'argent ; FP et fp, les frais de fusion et de désargentation.

L'évaluation de la *valeur d'un filon* est nécessairement plus complexe. Elle comprend : d'une part, l'appréciation de l'épaisseur réduite du filon, ou de sa valeur par mètre carré de surface, ainsi que de sa longueur, la profondeur étant forcément une inconnue ; puis, l'estimation de la teneur en plomb et en argent à laquelle on peut arriver, suivant les cas, par la prépa-

[1] Ces galènes ne sont que fort peu argentifères.

[2] Page 394.

ration mécanique ; enfin, par contre, le devis des dépenses correspondantes.

On apprécie, en général, un filon d'après la valeur du minerai contenu dans un mètre carré de surface, suivant le plan du filon ; la même base étant adoptée pour le calcul des dépenses. A cet effet, on supposera rapprochées l'une de l'autre et juxtaposées les plaquettes compactes de substances utiles, galène, blende et pyrite, comprises dans la largeur du filon, que nous admettrons être lui-même plus étroit qu'une galerie ordinaire de mine (1m,20 à 1m,50). On conçoit ainsi un filon idéal, dont l'épaisseur est nommée *épaisseur réduite*. Quelle que soit cette épaisseur réduite, les dépenses d'exploitation resteront les mêmes par mètre d'avancement et par mètre de hauteur, c'est-à-dire par mètre carré de surface de filon, puisqu'il faudra toujours faire une galerie assez large pour que l'ouvrier puisse y travailler ; nous n'avons donc qu'à rechercher la valeur du minerai contenu dans ce mètre carré.

Considérons un filon de 8 centimètres d'épaisseur réduite, dont 1,3 en galène et 6,7 en blende, il contiendra, par mètre carré : 1,3 × 10000 × 7,5, soit 97k,5 de galène à 86,6 p. 100 et 6,7 × 10000 × 4, soit 268 kilogrammes de blende à 67 p. 100 ; 10000 étant le nombre de centimètres carrés contenus dans un mètre carré, 7,5 le poids spécifique d'une galène théorique à 86,6 p. 100 et 4 celui d'une blende à 67 p. 100 [1]. Chaque centimètre d'épaisseur de galène correspondrait, en particulier, dans cette évaluation, à 75 kilogrammes.

Mais il faut tenir compte des pertes d'exploitation et de lavage. Celles-ci sont très variables, comme nous l'expliquerons plus loin, suivant la nature du minerai et les procédés de préparation mécanique. Si on les estime, en moyenne, à 20 p. 100 pour la galène, on voit que le centimètre d'épaisseur donne seulement, par mètre carré, 80 × 75 ou 60 kilogrammes.

Par contre, on n'enrichit pas ordinairement le minerai jusqu'à

[1] On voit que, pour passer de l'épaisseur réduite en millimètres au poids de minerai en kilogrammes par mètre carré, il suffit de multplier par le poids spécifique. Le poids spécifique de la galène est de 7,2 à 7,7 ; celui de la blende de 3,9 à 4,2 ; la teneur de la galène est de 86,60 p. 100 de plomb ; celle de la blende, de 67 p. 100 de zinc.

obtenir de la galène pure. Au lieu d'arriver à une galène théorique tenant 86,6 p. 100 de plomb, on n'obtient qu'une galène à une teneur de 69 p. 100, par exemple ; dès lors, le rendement par centimètre et mètre carré devient, en réalité, dans ce cas :

$$60 \times \frac{86,6}{69} \text{ ou } 75 \text{ kilogrammes de galène à } 69 \text{ p. } 100.$$

chiffre moyen qui est souvent adopté dans les évaluations.

En multipliant, dès lors, le poids par l'épaisseur réduite et le prix du plomb, ajoutant la valeur de l'argent contenu et faisant un calcul semblable pour la blende, on aura la valeur du filon au mètre carré en un point ; et, si on a eu soin de noter les épaisseurs réduites au fur et à mesure de l'avancement des galeries en direction et en inclinaison, on saura approximativement la valeur représentée par les massifs ainsi découpés.

Mais nous venons de supposer implicitement que nous connaissions la teneur en argent finale, teneur absolument dépendante de la formule de la préparation mécanique qui, d'autre part, interviendra dans la quotité des dépenses. Il faut donc indiquer comment on procédera pour régler celle-ci :

Quelle que soit la substance à laver, il est évident qu'il y a lieu de continuer à enrichir un minerai, c'est-à-dire en séparer le stérile, tant que les frais de préparation, augmentés de la perte de minerais ténus au lavage, ne surpassent pas l'augmentation de valeur qui en résulte [1].

Quand la galène est argentifère, ce chapitre des pertes au lavage prend une importance capitale, les minerais argentifères très ténus étant toujours des premiers éliminés. C'est ainsi qu'à Pontpéan on a constaté qu'en arrivant à 75 p. 100 de sulfure de plomb, on perdait jusqu'à 30 p. 100 de plomb et 50 à 60 p. 100 de l'argent ; au contraire, en n'enrichissant qu'à 50 p. 100, la perte en argent se réduisait à 30 p. 100.

Suivant la nature de la gangue, la préparation est d'ailleurs plus ou moins facile : avec le quartz, qui est la gangue la plus favorable, on peut généralement pousser jusqu'à 78 et 80 p. 100

[1] Voir Garnier, sur Vialas : *Ind. min.*, 1875.

de sulfure. D'une façon générale, plus le minerai à laver est riche, et plus la préparation a besoin d'être complète; plus, par suite, elle est coûteuse.

En tenant compte de cet élément et en laissant toute la marge compatible avec les variations inévitables suivant les mines, suivant la profondeur, suivant la difficulté de l'épuisement, etc., on peut évaluer les dépenses par mètre carré de sulfure de filon (exploitation et préparation mécanique) de 60 à 80 francs.

Dès lors, on peut conclure dans chaque cas l'épaisseur réduite nécessaire pour qu'un filon soit pratiquement exploitable.

A Pontpéan, on a exploité fructueusement une épaisseur réduite de 6 à 5 centimètres avec une teneur de 52 p. 100 de plomb, et de 1 kilogramme d'argent à la tonne. En 1885, par exemple, on avait 56 millimètres de galène.

Dans la Haute-Garonne, des filons complexes étaient exploitables quand ils avaient une épaisseur réduite de 8 centimètres (1,3 en galène et 6, 7 en blende), etc...

## GÉNÉRALITÉS GÉOLOGIQUES SUR LES GISEMENTS DE PLOMB

Au point de vue géologique, les gisements de plomb se présentent dans des conditions assez analogues aux gisements de zinc que nous avons étudiés dans un chapitre précédent, et les deux métaux, dont les propriétés chimiques sont voisines, se rencontrent même très fréquemment associés.

C'est ainsi que nous trouverons le plomb, comme le zinc, exploité sous deux formes essentielles, le sulfure et le carbonate : le carbonate existant uniquement dans des terrains calcaires; nous aurons, de même, à faire une distinction capitale entre les gisements situés dans des terrains inattaquables : granite, gneiss, quartzites, schistes, etc., gisements qui se réduisent à des remplissages de fentes plus ou moins complexes et ceux intercalés dans des calcaires attaquables, qui prennent, le plus souvent, la forme de gîtes de substitution.

Cependant nous serons en droit d'affirmer, pour le plomb, un

fait qui, pour le zinc, était resté, tout au moins, douteux, c'est que tout le plomb exploité a commencé par se déposer à l'état de sulfure (galène) et que les autres sels, carbonate, sulfate, phosphate, chlorure, etc., n'en sont jamais que des produits d'altération limités au voisinage de la surface.

Avant toute chose, il est bon d'insister, d'une façon générale, sur les conditions de ce dépôt en reprenant une discussion déjà engagée à propos du zinc et du cuivre.

Quelle que soit l'hypothèse admise sur le mode de formation des gisements de plomb, qu'on les fasse provenir d'un lessivage secondaire des roches encaissantes ou de fumerolles dégagées par ces roches au moment de leur ascension dans l'écorce, on n'en doit pas moins admettre, comme pour l'étain et le cuivre, (quoique moins nettement), une relation d'origine entre le métal et certaines roches.

C'est ce que divers chimistes ont essayé de prouver par des analyses très minutieuses de ces roches elles-mêmes, où ils ont souvent rencontré, à l'état de traces infinitésimales, les métaux concentrés au voisinage. Bischof[1], le premier, est entré dans cette voie, où il a été suivi par Sandberger[2]. Lorsque nous aurons à parler des grands gisements de plomb américains, de Leadville[3] et Eureka par exemple, nous verrons comment la même méthode a été appliquée par les géologues américains.

Ces investigations, si intéressantes, prêtent cependant à une objection, si l'on veut en conclure, comme les chimistes en question, que la concentration du métal est un fait postérieur à la consolidation de la roche.

En effet, la logique voudrait que les roches mères, dont provient un amas de métal important, fussent précisément plus appauvries en ce métal que les roches éloignées du gisement et n'ayant pas subi d'altération ; en outre, malgré la possibilité, pour les eaux, de pénétrer dans toute la masse d'une roche par porosité, cet appauvrissement aurait nécessairement dû se faire sentir, de préférence,

[1] *Chemical and physical geology*, t. III, p. 548.

[2] Untersuchungen über Erzgänge. Wiesbaden, 1882.

[3] Leadville, par Emmons, p. 574.

suivant certaines zones fissurées qui permettaient une circulation plus facile. Il ne suffit donc nullement de trouver du plomb dans une microgranulite située au contact de la galène, à Leadville, pour en conclure que la galène provient, par réaction secondaire, de cette microgranulite; il faudrait, de plus, montrer que ce plomb y est réparti d'une façon irrégulière et surtout qu'il existe en quantité plus grande dans toutes les microgranulites assez distantes pour n'avoir pu participer à la formation du gisement. Encore resterait-il à examiner pourquoi, le long de toute autre microgranulite altérée, il n'existe pas d'amas métallifère. On échappe à toutes ces objections en pensant que le plomb, reconnu à la fois dans les microgranulites et dans le gîte, provient de la même source, c'est-à-dire des fumerolles du magma igné profond, qui avait d'abord donné lieu à l'épanchement de la roche, mais n'était pas encore refroidi quand le gisement métallifère s'est formé.

Ce plomb, qui est ainsi venu cristalliser à l'état de galène, sel à peu près insoluble dans l'eau ordinaire, à quel état a-t-il été amené par les eaux? Est-ce à l'état de sulfate (bien insoluble lui-même), réduit sur place par une matière organique ou un hydrocarbure? Est-ce à l'état de chlorure précipité par un dégagement connexe de l'hydrogène sulfuré ou par un sulfure alcalin? Est-ce à l'état de sulfure même, en dissolution dans un sulfure alcalin, comme il s'en trouve fréquemment dans les eaux thermominérales? C'est ce qu'il est presque impossible de préciser [1].

Lorsque nous étudierons, plus loin, les diverses catégories de gîtes de plomb, nous verrons que le plomb, déposé, dans tous les cas, à l'état de galène, a pu, soit incruster les parois d'une fente formée de roche inerte (granite, gneiss, etc...), soit se substituer moléculairement à un carbonate. Il est bien difficile, surtout dans le second cas, d'invoquer la réaction d'un corps étranger, tel que le carbure d'hydrogène, ou l'hydrogène sulfuré.

L'hypothèse d'une dissolution de sulfure de plomb dans un sulfure alcalin semble donc la plus vraisemblable. Mais alors il n'est pas bien aisé, non plus, de comprendre comment il s'est déposé du

[1] Des études ont été faites, à ce sujet, par V. Roth, *Allgemeine Geologie*, p. 363. — Voir Emmons : Leadville, p. 563.

sulfure de plomb et non, dès le principe, du carbonate de plomb, par action du sulfure sur le carbonate de chaux.

Peut-être un excès d'acide sulfurique contenu dans l'eau aura-t-il d'abord dissous la calcite en produisant du sulfate de chaux emporté par l'eau et laissant un vide, immédiatement rempli par le sulfure de plomb, qui se sera précipité en présence du sulfure de calcium. Le fait en lui-même, si difficile à expliquer qu'il soit, est, d'ailleurs, prouvé par l'existence de cristaux de galène et blende pseudomorphosant de la calcite ou de la dolomie.

Nous voici donc en présence d'un dépôt de sulfure de plomb; il ne nous reste plus qu'à faire voir comment, dans tous les gisements exploités au milieu du calcaire (Littai, Eureka, Leadville, etc...), ce sulfure s'est trouvé postérieurement changé en carbonates, sulfates, etc., qui semblent parfois former presque toute la masse du gisement.

L'altération facile du sulfure en carbonate, même sans intervention de calcaires, est un fait nettement mis en évidence par l'existence fréquente, dans de vieilles haldes de mines, de fragments de galène transformés partiellement ou totalement, suivant leurs dimensions, en cérusite ; on a pu le constater par exemple, en Derbyshire, sur des haldes remontant, d'après certaines inscriptions, à l'empereur Adrien (soit vers 130) ; on peut l'induire également de ce fait que, dans tous les gisements de plomb formés, à leur partie supérieure, de carbonates comme Eureka, Leadville, etc., ces carbonates disparaissent à une profondeur déterminée, profondeur en relation manifeste avec le niveau hydrostatique ancien de la région. Suivant le climat, l'altitude, l'abondance des pluies, la durée des gelées qui empêchent les eaux de circuler dans la terre, la facilité plus ou moins grande de pénétration que présentent les terrains, cette zone d'altération est plus ou moins profonde.

Pour l'expliquer, on invoque, soit une action directe de l'acide carbonique de l'air apporté par les eaux, soit une première transformation du plomb en sulfate par l'oxygène de l'air. Les sulfates métalliques, étant tous plus ou moins solubles, ont pu alors subir un phénomène de transport plus ou moins prononcé, à la suite duquel il est même parfois arrivé qu'en présence de quelques ma-

lières organiques, de bois de mine par exemple, il se reproduisit une cristallisation secondaire à l'état de galène ou de blende.

V. Roth, qui a fait des expériences sur la solubilité des sulfates divers, a montré que 100 parties d'eau dissolvent[1] :

| | | |
|---|---|---|
| A 11° C. . . | 0,004,383 | parties de sulfate de plomb. |
| A 13° C. . . | 0,003,155 | |
| A 12° C. . . | 21,300 | parties de sulfate de fer. |
| A 11° C. . . | 41,300 | parties de sulfate de zinc. |

Le sulfate de plomb dissous a pu alors être transformé en carbonate par des solutions de carbonates alcalins ou de carbonate de chaux, en présence de l'air. 100 parties de sulfure de plomb, en poids, produisent 126,78 de sulfate et 111,71 de carbonate. L'accroissement de volume du sulfure au carbonate est de 28,13 p. 100. La présence d'un peu d'acide phosphorique, dont on a trouvé fréquemment des traces dans le calcaire, suffit, d'autre part, à expliquer la production de pyromorphite[2].

Dans cette transformation, l'argent subit une altération correspondante ; le sulfate d'argent est, en effet, intermédiaire, comme solubilité entre les sulfates de plomb et de fer ; une partie est donc entraînée par les eaux et perdue ; une autre se reprécipite, — en particulier, s'il se trouve des traces de chlorure de sodium, en présence du sulfate de fer, à l'état de chlorure d'argent ; — mais le résultat final de ces réactions est toujours une perte en argent : ce qui explique que les cérusites sont, en principe, moins argentifères que les galènes correspondantes : 40 onces à Leadville au lieu de 145 à la tonne. Par contre, les minerais oxydés semblent toujours diminuer de richesse en plomb et argent à mesure que l'on s'enfonce au milieu d'eux : ce qui peut tenir à ce que les parties supérieures ont subi une altération beaucoup plus profonde, ayant eu pour effet d'emporter une plus forte proportion des sels les plus solubles contenus dans le mélange primitif, c'est-à-dire de fer et de zinc (et à l'occasion de cuivre) de préférence au plomb et à l'argent.

[1] Emmons : Leadville, p. 551.

[2] En Derbyshire, à Golden Valley, on a constaté que le phosphate disparaissait au-dessous de 45 mètres.

**Minerais de plomb.** — Par suite des divers phénomènes, que nous venons d'indiquer, les *minerais de plomb* exploités sont : la galène, les carbonates, accessoirement l'anglésite et la pyromorphite.

En premier lieu, la *galène* contient théoriquement 86,6 p. 100 de plomb. Au point de vue industriel comme au point de vue géologique, il y a lieu d'établir une distinction suivant la nature de la gangue qui a une influence assez grande pour la préparation mécanique, presque toujours assez facile d'ailleurs par suite de la forte densité de la galène (7,6). Avec la chaux fluatée, la préparation est très facile; elle l'est un peu moins avec le quartz, quoiqu'on puisse encore, dans ce cas, arriver à 80 p. 100, quand on n'a pas à craindre des pertes en argent; avec la barytine ou la pyrite, elle est plus difficile.

Un très grand nombre de galènes sont plus ou moins argentifères; on admet communément, et en dépit d'exceptions assez nombreuses, que les galènes cristallisées à petites facettes sont plus argentifères que celles à grandes facettes. Il semble également, dans plusieurs cas, que la richesse en argent soit en relation avec la présence d'une roche encaissante calcaire ou contenant des pyrites; l'action des pyrites sur la précipitation des sels d'argent est un fait sur lequel nous aurons à revenir à propos de l'argent : elle peut tenir à ce que l'argent était dissous en chlorure dans une liqueur contenant des chlorures alcalins. Peut-être aussi s'est-il produit des phénomènes de cémentation.

Cette présence des sels d'argent, capitale au point de vue économique, n'atteint presque jamais un grand développement minéralogique; en outre, on passe, par transitions insensibles, de galènes à traces d'argent aux galènes assez riches pour être considérées comme de véritables minerais d'argent : il nous sera donc impossible de les séparer dans la description et nous parlerons, dès ce chapitre, de nombreuses mines de galène argentifère qui sont, en réalité, des mines d'argent, en particulier de celles de l'Ouest américain (Leadville, Eureka, Bingham), de celles de Przibram, en Bohême, etc.

En second lieu, les *carbonates* tiennent 77,3 p. 100 de plomb. En thèse générale, ils sont toujours moins riches en argent que

les sulfures de plomb dont ils proviennent, et, le plus souvent, d'autant plus pauvres qu'on s'enfonce plus profondément dans la zone altérée. On peut même dire qu'ils sont, presque toujours, assez pauvres, si ce n'est à Leadville ; mais ils sont d'un traitement facile.

Enfin l'*anglésite* et la *pyromorphite* sont des minerais d'importance très secondaire.

Ces minerais de plomb sont, dans leurs gisements, associés avec des sulfures d'autres métaux plus ou moins variés, comme nous avons déjà eu à l'indiquer, à diverses reprises, en parlant de filons complexes : nous venons de citer l'affinité de l'argent pour le plomb ; nous avons également, au chapitre du *Zinc*, dit comment ces deux métaux étaient, maintes fois, reliés dans les mêmes gîtes, au point que nous avons été conduit souvent à les étudier ensemble. La pyrite de fer est, de même, très abondante dans les minerais de Leadville, Eureka, etc. ; son altération a donné, près de la surface, des hématites associées aux carbonates de plomb, avec un enrichissement en plomb tenant à ce que le sulfate de fer est plus soluble que les sels de plomb, et une concentration, dans l'hématite, des traces d'or que pouvait contenir la pyrite.

Le cuivre existe aussi avec le plomb ; nous le trouverons, par exemple, dans la Prusse Rhénane, aux affleurements de Linarès (Espagne), dans le Harz, etc.

Enfin et surtout, les champs de filons complexes de Saxe, de Bohême et du Harz, que nous décrirons au chapitre du *Plomb*, contiennent, il ne faut pas l'oublier, avec le plomb, un très grand nombre d'autres métaux : fer, cuivre, nickel, cobalt, urane, etc...

**Forme et allure des gîtes de plomb. — Ordre adopté dans leur description.** — Il ne nous reste plus maintenant qu'à dire sous quelle forme et avec quelle allure se présentent les gisements de plomb.

Pas plus que pour le zinc, nous ne trouvons, si ce n'est à l'état de traces insignifiantes, le plomb incorporé dans les roches éruptives ; mais les gîtes filoniens existent avec toutes leurs variétés, substitution, interstratification, etc., amenant, par des passages progressifs, aux gîtes véritablement sédimentaires que nous aurons à examiner dans quelques cas particuliers.

Parmi les *filons*, nous ferons une première distinction suivant qu'il y a incrustation proprement dite d'une fracture, ou d'un système de fractures préexistantes, dans une roche inattaquable : gneiss, granite, quartzite, etc., ou pénétration avec substitution dans un calcaire.

Dans le premier cas, tantôt nous pourrons avoir affaire à une grande fracture simple (true fissure-vein), ou à quelques fractures parallèles ; ou bien, nous aurons un système de fractures se croisant et se recoupant comme à Vialas, ou encore un éparpillement de veines, comme cela se produit souvent dans les schistes.

Beaucoup de ces filons présentent, à la surface, des phénomènes d'altération ayant produit une zone de carbonates, de chlorures, de sulfates, etc., avec une gangue argileuse, comme cela a lieu si souvent pour les filons américains, comme cela s'est retrouvé un peu partout en Europe, mais particulièrement nettement à Huelgoat, etc... En profondeur, le plomb pourra être associé à une gangue de quartz (souvent avec fluorine), de calcite avec dolomie et sidérose, ou de barytine. La nature de cette gangue pourra nous permettre d'établir certaines catégories de filons.

Dans les champs de filons complexes, ces remplissages divers se trouvent souvent rapprochés dans des fentes de direction différente et sans doute d'âge distinct. Nous aurons à indiquer les relations qui semblent exister entre la direction, l'âge et la nature du remplissage.

Le second cas comprend les *gîtes dans les calcaires*. Ceux-ci peuvent, exceptionnellement, se présenter à l'état de remplissages de fentes préexistantes, fentes prenant parfois, dans ce cas particulier, la forme spéciale de grottes. Le type de *remplissages de grottes* par des zones d'incrustation concentriques de galène a été étudié par Poszepny à Raibl[1] ; il est possible qu'il s'applique partiellement à d'autres gîtes qui, dans l'ensemble, sont plutôt des *gîtes de substitution*.

Presque toujours, en effet, lorsqu'on rencontre de la galène au milieu de calcaires, on peut se rendre compte que, partant d'un réseau de fissures préexistant qu'elle a rempli et profitant, en

[1] Voir plus haut, page 425.

entre, de tous les plans de joint, des délits de stratification, des contacts avec d'autres roches résistantes, la venue métallifère s'est étendue, par substitution, en formant, au milieu du calcaire, les amas plus ou moins considérables, toujours très irréguliers, qui constituent, pour le mineur, de véritables *bonanzas*.

Nous aurons de bons types de ces gisements, comparables aux gîtes calaminaires, à Sala (Suède), dans le Derbyshire, à Littai, à Leadville, Eureka, etc...

Enfin le caractère *sédimentaire*, très exceptionnel, se rencontre peut-être dans le permien à Carthagène, et certainement dans le trias à Saint-Avold, en Silésie, etc.

## 1° FILONS ET CHAMPS DE FRACTURES

Avec le plomb, nous nous trouvons rencontrer, pour la première fois, les champs de fractures minéralisés qui ont fait, depuis des siècles, l'objet des exploitations classiques de Saxe et de Bohême. Il est donc utile de donner, à ce propos, quelques indications générales[1].

Lorsqu'on étudie, dans une région quelconque et particulièrement sur le pourtour d'un massif ancien, les mouvements dynamiques successifs qui ont fractionné l'écorce, on peut se rendre compte qu'ils ont consisté principalement en des plissements, ayant pris, tout d'abord, une certaine allure, qui a influé ensuite sur la direction de tous les mouvements postérieurs. Chacun de ces plissements, parfaitement sensible dans les terrains relativement souples comme les schistes ou les sédiments bien stratifiés, a été accompagné d'un fractionnement des blocs résistants, soumis ainsi à une flexion simple ou à une torsion ; et, en même temps que ce fractionnement, il s'est produit, entre deux voussoirs contigus, des dénivellations, des failles. Il est facile de comprendre que, dans les régions de constitution homogène non encore troublées par des dislocations, au cœur d'un massif cristallin ou d'un

[1] Voir, pour plus de détails, sur ces généralités, notre travail sur la *Formation des gîtes métallifères*. (Encyclopédie Léauté, 1893.)

bassin sédimentaire, on a pu avoir des cassures simples, profondes, (généralement à peu près parallèles, dans les sédiments, à l'allongement des zones produites par les plissements) et accompagnées d'étoilements perpendiculaires plus restreints : ce que les Anglais appellent de vraies fissures, true fissure veins. Au contraire, dans une région déjà complexe, sur le bord d'un horste par exemple, un plissement unique, ayant pour effet une véritable torsion, a dû amener un réseau multiple de cassures contemporaines, assimilables à celles que M. Daubrée a obtenues dans ses belles expériences sur la torsion des vitres.

La plupart de ces fractures, failles, fissures de toute espèce, plus ou moins remplies ou obstruées par les matériaux bréchiformes tombés des épontes, ont alors livré passage aux eaux profondes, échauffées et minéralisées, chargées de silice, d'alcalis, etc., par leur trajet souterrain ; et, lorsque le plissement avait eu pour effet, comme cela a dû arriver le plus souvent, des mouvements d'ascension internes du magma igné, il a pu arriver, en outre, que ces eaux aient puisé, dans le contact de ces roches ou de leurs fumerolles, des traces de métaux qu'elles ont alors, en remontant, déposées sur les parois. Il s'est formé ainsi des filons d'incrustation.

Mais, par une loi très générale et qu'on peut vérifier en bien des points de la terre, le premier mouvement, qui avait ainsi déterminé des cassures filoniennes, n'a pas été un mouvement brusque, survenu en un instant précis du temps et ensuite à jamais terminé, mais un phénomène prolongé, ayant conservé, même après une phase de repos, une tendance à se reproduire. C'est ainsi qu'un filon, déjà incrusté, s'est souvent réouvert, que les parois ont glissé l'une sur l'autre, que le premier remplissage broyé est venu former la charpente d'une nouvelle incrustation postérieure ; c'est ainsi également que, dans une région où s'était produit un premier système de fractures, il a pu, plus ou moins longtemps après, s'en former un second, puis un troisième, de direction souvent bien distincte du premier.

Lorsqu'un massif, déjà fracturé et incrusté, a rejoué ainsi, il est, en effet, arrivé accidentellement que les premières fentes, solidement cimentées par leur incrustation, aient mieux résisté que la roche avoisinante ; le plus souvent, au contraire, ces fractures

anciennes ont continué à présenter des lignes de moindre résistance et, même lorsque la direction de l'effort était différente, se sont réouvertes localement.

Si l'on joint à cela qu'une cassure béante a pu fort bien n'être incrustée qu'après un temps assez long, autrement dit que l'âge du remplissage peut être différent de celui de la fracture, on voit quelle complexité de phénomènes superposés on est obligé de débrouiller pour reconstituer l'histoire d'un champ de filons, probablement disloqué à des époques très distinctes, comme ont dû l'être ceux de la Saxe et de la Bohême.

C'est pourtant ce que l'on a essayé de faire minutieusement, pas à pas, en examinant les rejets des fractures et de leurs remplissages les uns par les autres, les passages d'un remplissage donné d'une fracture à une voisine ouverte ensemble ou incrustée précédemment et réouverte, etc... Comme résultat de cette recherche, il s'est trouvé parfois que toutes les cassures contemporaines semblaient se grouper suivant certaines directions déterminées, que les remplissages contemporains paraissaient également avoir une composition semblable. On a pu alors, pour un champ de filons donné, dresser deux tableaux : l'un donnant la succession des fractures avec leurs directions; l'autre, en pendant avec le premier, la succession des remplissages.

A cette notion de succession d'âges, il a été permis, en outre, lorsque les filons traversaient des terrains sédimentaires, d'ajouter une idée d'âge proprement dit plus précise ; à défaut de ce renseignement, on a essayé, dans certains cas, d'y suppléer, assez hypothétiquement, par assimilation avec des filons analogues et voisins encaissés, eux, dans des sédiments. On a même, par une application prématurée d'une idée générale que les progrès de la géologie pourront permettre de reprendre un jour en la modifiant, tenté de rattacher ces directions de cassure aux grandes directions de plissement de l'écorce terrestre, c'est-à-dire aux chaînes de montagne et essayé d'en conclure leur âge absolu. En résumé, on est arrivé ainsi à écrire, plus ou moins complètement, l'histoire de chaque champ de filons isolément.

Puis, ce premier travail fait en diverses régions, et un certain ordre ayant été reconnu dans la succession des remplissages, on

a été logiquement conduit à comparer ces champs de filons les uns aux autres, à rechercher s'il y avait, dans la succession des remplissages métallifères, quelque loi générale. Nous parlerons, à l'occasion, de ces tentatives intéressantes, mais sans dissimuler qu'elles ne paraissent pas avoir amené encore à des résultats bien concluants : sans doute, parce que les circonstances locales, la composition très variable des terrains encaissants et des roches éruptives voisines y entrent comme des facteurs essentiels.

Pour la nature des gangues surtout, quartz, calcite, dolomie, barytine, il semble bien que les terrains traversés par les eaux dans leur circuit aient eu une certaine influence et que, par suite, une gangue donnée corresponde autant à une direction de courant hydrothermal provenant d'une région déterminée qu'à une notion d'âge.

Ces généralités posées, si nous voulons maintenant passer à la description méthodique des innombrables filons de plomb qu'on a reconnus dans le monde, nous devons d'abord commencer par les classer : ce qui, si l'on prétendait prendre pour point de départ les seules données géologiques, conduirait à des difficultés presque inextricables ; nous adopterons donc l'ordre géographique, qui a certains avantages au point de vue économique ; c'est-à-dire que, divisant notre sujet en deux parties : filons de plomb proprement dits [1] et champs de fractures à remplissage complexe, nous étudierons successivement les premiers dans les diverses régions de France, en Allemagne, en Belgique, en Espagne, en Italie, en Asie et aux Etats-Unis ; puis les seconds en Bohême (Przibram, Mies), dans le Harz et en Saxe ; mais nous voulons, au moins, indiquer quels auraient pu être les éléments d'un système de groupement géologique.

On pourrait, en premier lieu, essayer de classer les filons d'après leur âge ; mais alors on est arrêté, dans la grande majorité des cas, par le manque de renseignements précis ; le plus souvent, en effet, on voit les filons recouper toutes les formations de la région, généralement ancienne : ce qui ne donne, par suite, pour leur âge qu'une limite inférieure très vague ; la limite supérieure fait presque

[1] Nous rappelons qu'il ne s'agit ici que des filons encaissés dans des roches inattaquables aux acides et que la description des filons situés dans des calcaires a déjà été renvoyée à une autre division de ce chapitre.

toujours défaut. Ce n'est donc que par une assimilation hypothétique avec quelques gîtes à allure sédimentaire qu'on arrive parfois à préciser l'époque de leur formation.

En France notamment, il est probable qu'il y a eu deux venues principales, l'une permotriasique à gangue quartzeuse, l'autre tertiaire souvent barytique.

Les gisements de Chabrignac (Corrèze), où l'on voit des filons recoupant le trias en relation avec des imprégnations de grès permien ; les mouches de galène contenues dans les silex cariés triasiques ou infraliasiques de la Châtre (Indre), de Corbigny et Chitry (Morvan), peuvent être considérés comme des indices, d'âge bien net, de la première venue ; les veines de barytine, parfois plombifère, qu'on rencontre dans l'oligocène d'Auvergne, comme une preuve de la seconde.

En fait de limites d'âge pour tous les autres gîtes français, on peut noter seulement :

Que les filons d'Aurouze (Haute-Loire) recoupent le micaschiste ; ceux de la Touche (Ille-et-Vilaine), le granite ; ceux de Vialas (Lozère), le micaschiste et le granite ; ceux de Pontpéan (Ille-et-Vilaine) et des Arguts (Haute-Garonne), le silurien ; ceux d'Huelgoat (Finistère) et de Châteauneuf (Puy-de-Dôme), (prolongement du faisceau de Pontgibaud), le carbonifère, ces derniers recouverts par le basalte pliocène ; ceux de Chabrignac (Corrèze), de Laval et Rouvergue (Gard), le trias, etc.

A l'étranger, nous trouvons, en Espagne, les filons de Linarès traversant le silurien et recouverts par un grès sur l'âge duquel on hésite (trias ou miocène inférieur) ; ceux de l'Horcajo recoupant le silurien ; en Amérique, ceux de Bingham (Utah) pénétrant dans le houiller et probablement, comme la plupart des gisements américains, en relation avec les roches tertiaires ; en Allemagne, le champ de filons d'Andreasberg traverse le silurien ; celui de Clausthal, — sur l'âge duquel on est mieux fixé et qui correspond à la venue triasique française —, le culm en respectant le permien ; les filons de Przibram déplacent le silurien, ceux de Mies sont dans l'antésilurien ; enfin, ceux de Freiberg, où l'on croit retrouver la trace d'une série de venues allant du dévonien au tertiaire, ne traversent pas de terrains plus récents que la granulite.

A défaut d'une classification par âge, impossible comme nous venons de le voir, un autre système qui serait bien préférable, si les conditions locales n'y intervenaient pas aussi fortement, pourrait prendre pour base la nature de la gangue et, plus généralement, celle du remplissage.

Les filons de galène peuvent se présenter avec trois gangues principales, quartz, barytine, calcite; en outre, il est très rare que la galène y soit seule et, généralement, on y rencontre, associés avec elle, une série de sulfures divers, pyrite de fer, blende, parfois pyrite de cuivre, plus rarement sulfures de nickel, cobalt, argent, etc...

La composition de ces remplissages, si l'on admettait l'ancienne théorie qui la considère comme en relation intime avec leur âge, donnerait un groupement général excellent; mais nous avons dit que, pour nous, elle correspondait surtout à des circonstances variables pour chaque gîte. Néanmoins il peut y avoir quelque intérêt pratique à résumer ici les renseignements qui se trouveront disséminés, plus loin, sur ce sujet.

D'une façon générale, les *filons à gangue de quartz* et à sulfures complexes, correspondant à la venue ancienne, sont les plus fréquents; nous citerons :

Pontpéan : gangue de quartz avec argile ; galène, blende, pyrite et minéraux d'argent ;

La Touche : gangue de quartz ; galène, blende, pyrite très abondante ;

Pontgibaud : gangue de quartz, galène ; la blende et la barytine sont rares ;

Linarès : gangue généralement quartzeuse, parfois barytique ; galène avec minerais de cuivre aux affleurements :

L'Horcajo : gangue de quartz avec galène ;

Clausthal : gangue de quartz, sidérose, calcite, barytine avec galène et blende ;

Bingham (Utah) : quartz avec galène, pyrite de fer, pyrite, etc...

Les *gangues barytiques* sont moins abondantes et ne correspondent guère à des minerais riches ; mais, souvent, on a observé, aux affleurements, de la barytine disparaissant en profondeur pour faire place à du quartz.

C'est le cas, par exemple, à Aurouze (Haute-Loire), où la barytine des affleurements était stérile, tandis que le quartz, en profondeur, était plombifère. A Buech et Pradal, à Marvéjols dans la Lozère, à Chabrignac dans la Corrèze, des galènes avec barytine ont donné de mauvais résultats.

Quant à la *calcite*, nous la trouvons avec les filons riches de Vialas, recoupés par des croiseurs quartzeux, puis par des croiseurs barytiques ; avec les filons argentifères d'Andreasberg, etc... Une gangue calcaire coïncide souvent avec un enrichissement en argent : cela correspond avec l'existence de nombreux filons d'argent proprement dits à gangue calcaire comme ceux de Kongsberg, du Sarrabus, etc..., avec l'enrichissement en argent des galènes de Sala (Suède) dans le calcaire.

En ce qui concerne les champs de filons complexes, si l'on examine la succession des remplissages dans le plus fameux, celui de Freiberg, on peut y constater, en résumé : une venue sulfurée ancienne, à galène riche, tantôt principalement composée de sulfures, tantôt quartzeuse, tantôt dolomitique ; puis des venues barytiques pauvres rattachées à l'éocène ; enfin une venue argentifère très riche, à minéraux d'argent associés avec de la calcite. C'est l'ordre qu'on a essayé fort artificiellement de retrouver ailleurs.

Il nous reste à indiquer la façon dont ces matières diverses sont réparties dans la largeur de la fracture filonienne.

Le cas le plus simple est celui de *zones d'incrustation* parallèles aux épontes, comme cela arrive parfois à Freiberg; mais souvent aussi, on trouve le remplissage principalement constitué d'éboulis tombés des épontes et formant, soit une boue argileuse, soit un amas de matériaux détritiques cimenté ensuite par le minerai. L'existence de brèches de ce genre est très nette en une foule d'endroits, en particulier à Pontgibaud (Puy-de-Dôme), à Clausthal (Harz), etc.

Les minerais de ces *filons bréchoïdes* se disposent alors volontiers en zones symétriques autour de chacun des fragments qui constituent la brèche.

D'autres fois encore, au milieu de la gangue quartzeuse, courent des veines continues de galène (ainsi à l'Horcajo) ; ou bien, l'on a affaire à des *mouches*, à des *lentilles* de minerai irrégulièrement

disséminées dans la gangue. Un fait général et important à retenir, c'est l'existence, dans la plupart des gisements, de certaines *colonnes*, ou lentilles, d'enrichissement, plus ou moins inclinées dans le plan du filon, qui doivent correspondre à des conditions spéciales dans l'ascension des eaux métallifères.

Souvent, lorsque la galène est associée à la blende, on voit la blende déposée après la galène.

## PLOMB ARGENTIFÈRE DE PONTPÉAN

### (ILLE-ET-VILAINE [1])

Le gîte de plomb argentifère de Pontpéan, qui a été l'objet d'un rapport spécial de M. Fuchs [2], est constitué par un puissant filon, orienté sensiblement N. 20° O. et qui recoupe, à 2 300 mètres de Bruz (près de Rennes), les schistes siluriens de la Bretagne, eux-mêmes dirigés en moyenne vers le N.-E. et redressés presque verticalement.

Le remplissage du filon est formé de quartz et d'argile, au milieu desquels apparaissent une série d'amas, de veines et de veinules métallifères. Les minerais métalliques sont la galène et la blende, toutes deux argentifères, la pyrite et, probablement, des minerais d'argent proprement dits. La présence de ces derniers est révélée par ce fait que, non seulement la teneur en argent des galènes rapportée à la tonne de plomb n'est pas constante, mais que cette teneur semble même augmenter quand la proportion de plomb diminue.

Ces divers minerais sont intimement mélangés, et on est amené à penser que leur formation doit être attribuée à un remplissage unique. Ils sont distribués d'une façon très irrégulière dans la masse rocheuse du filon et sont mêlés à des fragments de toutes formes et de toutes dimensions arrachés aux parois encaissantes.

Dans leur ensemble, les minerais métalliques sont concentrés,

[1] Coll. *Ecole des Mines*, 1674.

[2] Rapport sur les mines de Pontpéan, 1880. Rennes, chez L. Caillot.

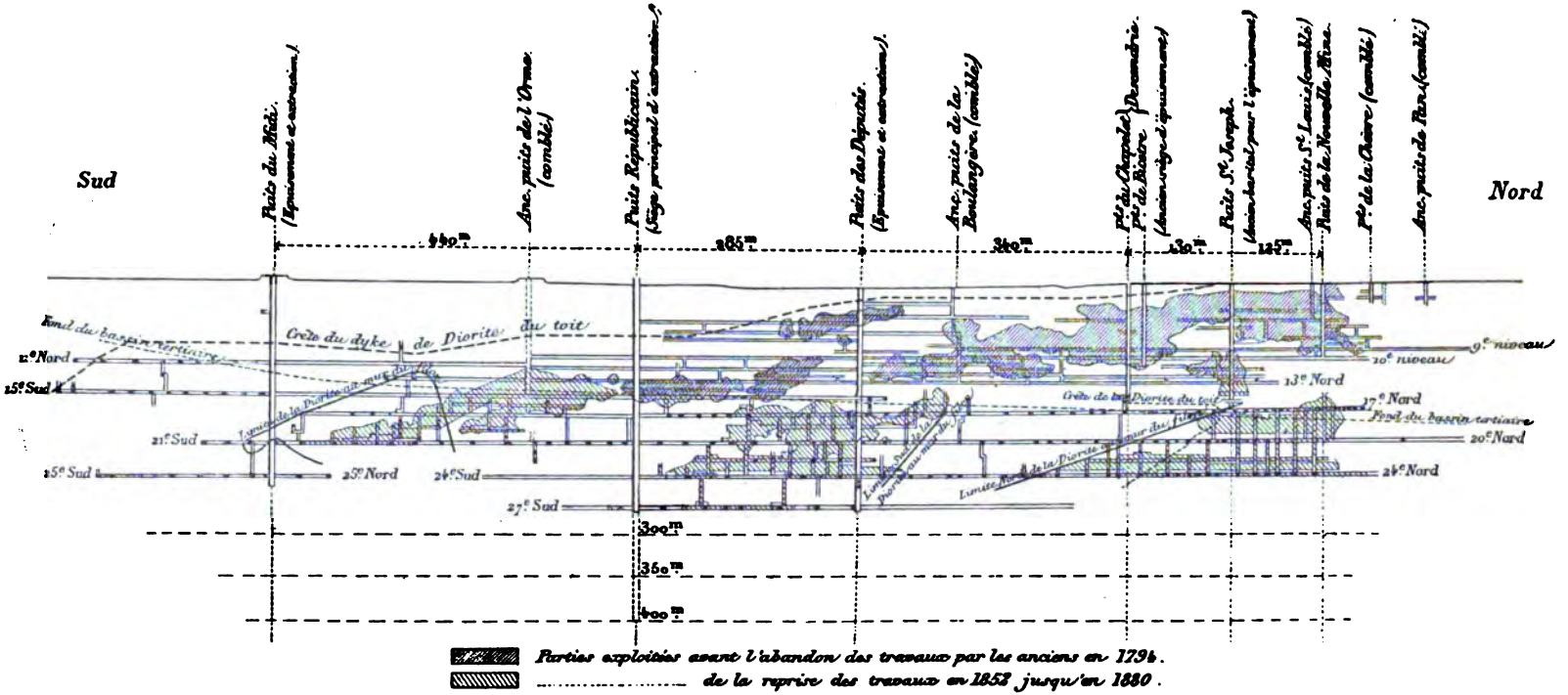



**Fig. 283. — Mine de plomb argentifère de Pontpéan (Ille-et-Vilaine).**
**Projection sur un plan vertical parallèle à la direction du filon. — Échelle au 1/8500e.**

plus particulièrement, dans trois zones irrégulièrement columnaires qui s'enfoncent, vers le Sud, sous un angle de 30 à 50°, et qui, presque juxtaposées dans les parties hautes, occupent une longueur totale d'environ 1 500 mètres. Deux de ces colonnes semblent se réunir en profondeur.

L'épaisseur de ces colonnes varie beaucoup.

La puissance du filon, ainsi constitué, varie de $0^m,015$ à $8^m,30$ et a une valeur moyenne de $2^m,45$. Son épaisseur réduite, entre 1870 et 1880, a varié de 5 cm, 9 à 4 cm, 2, le minimum ayant été rencontré en 1876.

Le gîte paraît, d'après M. Fuchs, en relation avec une roche amphibolique, qui recoupe nettement les schistes et qui se développe, tantôt au toit, tantôt au mur du filon plombeux.

A l'état normal, cette roche est un mélange cristallin de feldspath triclinique (oligoclase ou labrador) et d'amphibole, ce qui justifie le nom de « diorite » sous lequel elle a été désignée jusqu'ici. Dans le voisinage du filon, elle est fréquemment altérée et transformée en un véritable tuf, renfermant 1,45 p. 100 d'eau d'interposition, 3,85 p. 100 d'eau combinée et 1,25 p. 100 d'acide carbonique, avec un peu d'hydrogène sulfuré. Ce dernier provient des minerais métalliques qui la pénètrent fréquemment et qui s'observent même dans la diorite normale. On en a conclu que l'arrivée de cette diorite était antérieure à celle du filon lui-même et que le remplissage métallifère avait coïncidé avec une réouverture de la fracture par laquelle s'était fait jour cette diorite.

Enfin, tout l'ensemble du gîte est recoupé par une faille argileuse, toujours située dans le voisinage et quelquefois au contact même de la diorite, qui porte les noms de *faille bleue*, glaise bleue, cuir du filon ou filon noir, et dans laquelle on trouve, au milieu de l'argile, des fragments toujours brisés de galène et de blende. Cette faille constitue donc une réouverture stérile du filon. On a désigné, sous le nom de *fine*, une faille parallèle à la précédente, mais plus petite.

C'est à ce système de failles qu'on peut rattacher la dénivellation constatée dans les épontes du filon, par suite de laquelle le schiste encaissant du toit est rejeté, au mur, à la profondeur de 160 mètres; toute la partie supérieure est remplie, du côté du

toit, par une formation détritique qui date de l'étage tertiaire supérieur.

Le filon plombo-argentifère de Pontpéan était classé par M. Fuchs dans une catégorie de gîtes, qu'il désignait sous le nom de filons d'injection boueuse : gisements dans lesquels le minerai, au lieu de former des zones d'incrustation le long des parois et d'être, jusqu'à un certain point, en relation avec la nature de ces parois, était réparti irrégulièrement au milieu d'un remplissage boueux. C'est un type fréquent pour le cuivre, rare pour le plomb, qui est presque toujours nettement concrétionné. Nous avons dit, plus haut, comment, à notre avis, ces remplissages argileux, au lieu d'être ainsi le produit d'une injection boueuse éruptive, résultaient bien plutôt du remaniement, par les eaux thermales, des débris broyés de schistes encaissants tombés dans le vide du filon.

Au point de vue de l'exploitation, la grande difficulté qui se présente à Pontpéan et qui, vers 1880, faillit amener l'abandon de la mine, ce sont les venues d'eau considérables que l'on rencontre.

Deux tableaux ci-joints (pages 502 et 503) résument les conditions économiques de cette mine.

L'un d'eux montre les résultats successivement obtenus par la préparation mécanique. En 1877, la perte de plomb était de plus de 50 p. 100, celle en argent de 75 p. 100. Après transformation du système adopté jusqu'alors, dès 1878, la perte en plomb était réduite à 41 p. 100 et, l'année suivante, à 35 p. 100 ; celle en argent à 62 p. 100, puis à 44 p. 100. En même temps, le prix de revient de la tonne est descendu, en ce qui concerne la main-d'œuvre, de 200 francs à 120 francs. Les résultats d'une semblable exploitation se trouvent donc extrêmement variables, indépendamment même des modifications du gisement : 1° avec le mode de préparation adopté ; 2° avec les prix des métaux.

D'autre part, l'argent, qui était assez abondant au début dans la galène, a été en diminuant avec la profondeur, sans doute par la disparition des minerais argentifères proprement dits. En 1880, pour une teneur en plomb de 52 p. 100, on avait 1 kilogramme d'argent ; en 1881, pour 51 p. 100, 990 grammes ; en 1886, pour 50 p. 100, 850 grammes.

TABLEAU DE LA QUANTITÉ DE MINERAI EXTRAIT, PUISSANCE, ETC., DE PONTPÉAN

| ANNÉES | MINERAI ABATTU en mètres cubes | PUISSANCE RÉDUITE du filon en centimètres | RENDEMENT du m³ de minerai brut en minerai marchand | VOLUME abattu et extrait par ouvrier | VOLUME TOTAL abattu | NOMBRE d'ouvriers | PRIX de revient total par tonne de minerai brut | PRIX de revient de la tonne de galène marchande |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Mètres cubes | Centimètres | Kilos | Mètres cubes | | | Francs | Francs |
| 1873-1874 | 4 600 | 5,9 | 353 | 47,182 | » | » | » | 346,38 |
| 1874-1875 | 4 534 | 5,1 | 263 | 47,145 | » | » | » | 435,24 |
| 1875-1876 | 5 145 | 5,6 | 262 | 45,347 | » | » | » | 418,75 |
| 1876-1877 | 6 015 | 4,2 | 218 | 47,225 | » | » | » | 433,65 |
| 1877-1878 | 10 152 | 4,7 | 278 | 65,002 | » | » | » | 291,08 |
| 1878-1879 | 9 940 | 5,2 | 450 | 59,600 | 13 391 | 225 | » | 224,20 |
| 1879-1880 | 9 938 | 5,9 | 565 | 59,515 | 16 863 | 278 | » | 169,31 |
| 1881 | 13 503 | 5,3 | » | 60,086 | 16 343 | 272 | » | 196,16 |
| 1882 | 15 022 | 7,6 | » | 65,947 | 19 190 | 291 | 18,45 | 154,65 |
| 1883 | 15 148 | 7,6 | » | 64,750 | 19 230 | 297 | » | 141,88 |
| 1884 | 15 148 | 7,2 | » | 63,322 | 19 123 | 302 | 18,20 | 140,07 |
| 1885 | 18 992 | 5,4 | » | 70,428 | 24 086 | 342 | 16,10 | 157,37 |
| 1886 | 20 199 | 5,4 | » | 67,241 | 25 081 | 373 | 16,80 | 138,70 |
| 1887 | 24 107 | 6,1 | » | 72,464 | 28 696 | 396 | 14,25 | 134,35 |

TABLEAU INDIQUANT LES RÉSULTATS DE LA PRÉPARATION MÉCANIQUE DE PONTPÉAN

| ANNÉES | QUANTITÉ de minerai brut traité en tonnes | GALÈNE | | | | ZINC | | | | PYRITE | PRIX de revient de la préparation par tonne de minerai brut |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | QUANTITÉ produite par mètre cube de minerai brut | QUANTITÉ produite en tonnes | TENEUR | | QUANTITÉ produite par mètre cube de minerai brut | QUANTITÉ en tonnes | TENEUR | | QUANTITÉ par mètre cube de minerai brut | |
| | | | | Pb. p. 100 | Ag. en grammes par tonne | | | en Zn p. 100 | en Ag. (grammes) | | |
| | | Kilos | | | Kilos | | | | | | Francs |
| 1874-1875 | » | 246 | 62 | 62,95 | 1,049 | 17 | » | » | » | » | » |
| 1875-1876 | » | 260 | » | 62,49 | 806 | 2 | » | » | » | » | » |
| 1876-1877 | » | 216 | » | 55,29 | 973 | 2 | » | » | » | » | » |
| 1877-1878 | » | 244 | » | 51,00 | 822 | 34 | » | 23,79 | 611 | » | » |
| 1879-1880 | » | 303 | » | 52,50 | 1,003 | 218 | » | 25,50 | 614 | 44 | » |
| 1881 | » | 250 | 3 670 | 50,51 | 997 | 101 | 1 485 | » | » | 54 | 21,53 |
| 1882 | 41 199 | 339 | 4 912 | 52,34 | 884 | 156 | 2 260 | » | » | 37 | 17,82 |
| 1883 | 41 188 | 369 | 5 590 | 53,17 | 889 | 89 | 1 348 | » | » | 120 | 16,93 |
| 1884 | 42 509 | 364 | 5 520 | 57,66 | 817 | 98 | 1 486 | » | » | 103 | 17,49 |
| 1885 | 50 073 | 270 | 5 126 | 56,24 | 903 | 30 | 574 | » | » | 191 | 16,37 |
| 1886 | 52 473 | 315 | 6 364 | 49,73 | 813 | 37 | 748 | » | » | 111,6 | 17,85 |
| 1887 | 65 532 | 288 | 6 954 | 59,37 | 843 | 46 | 1 120 | » | » | 110,8 | 17,09 |
| 1890 | | | 7 757 | | | | 1 134 | | | | |

En 1890, la mine de Pontpéan a occupé 1 062 ouvriers (tant au fond qu'à la surface) et produit 7 737 tonnes de minerai de plomb à 173 fr. 85; 1 134 tonnes de minerai de zinc à 53 fr. 87; 2 629 tonnes de pyrite de fer à 18 fr. 57; soit une production totale valant 1 458 463 francs; en 1891, elle a produit 8 133 tonnes de galène à 163,39.

*Bibliographie.*

1863. J. Fayn. — Sur les mines de plomb et de zinc argentifère de Pontpéan. (*Cuyper*, t. XIII, p. 279.)

* 1880. Fuchs. — Rapport sur les mines de Pontpéan (Rennes).

1880-81. — Lebesconte. — Note sur la faille de Pontpéan. (*B. S. G.*, 3e série, t. IX, p. 157.)

**Gîte de La Touche (Ille-et-Vilaine).** — La concession de la Touche, instituée en 1878, est connexe de celle de Pontpéan.

La majeure partie de la concession est occupée par le granite, type de Vire, avec quelques massifs de granulite et, au N.-O., un manteau de schistes siluriens, ordinairement métamorphiques près du contact.

Le filon, encaissé dans le granite, présente une direction N. 20° O., avec un pendage vers l'Ouest de 70°. Les épontes sont marquées, surtout du côté du mur, par des salbandes d'argile qui paraissent dues à des glissements postérieurs au dépôt du quartz et, dans le voisinage, le granite s'imprègne fortement de quartz et de pyrite.

A la surface, le filon affleure sous forme de blocs de quartz avec noyaux de galène. En profondeur, le remplissage comprend de la pyrite de fer, de la blende brune, de la galène pauvre et une très faible quantité de stibine.

En 1880, l'épaisseur réduite était de $0^m,03$ de galène, $0^m,02$ de blende et $0^m,02$ de pyrite. Localement, la galène a atteint 10 centimètres et la pyrite jusqu'à 60 centimètres; cette abondance de pyrite est une gêne pour la préparation.

On a cru remarquer que la galène, la blende et la pyrite s'étaient déposées, postérieurement au quartz, par suite d'une réouverture.

En 1887, on était encore en recherches, après avoir suivi le filon sur plus de 500 mètres. La venue d'eau était considérable, environ 400 litres par minute.

## MINES DE HUELGOAT ET POULLAOUEN (FINISTÈRE) [1]

Les mines du Huelgoat et de Poullaouen, déjà exploitées du temps de Louis XIII, ont été, de 1750 à 1868 (date de leur abandon), comptées parmi les plus importantes de France. Jusqu'au XIXe siècle, elles ont été à peu près uniquement dirigées par des ingénieurs du Harz; depuis 1830, Juncker, Paillette, Pernolet s'y sont succédés. Minéralogiquement, elles sont remarquables par la présence de certains corps rares, en particulier du plomb gomme.

Les gisements se composent d'un certain nombre de filons recoupant des granites, microgranulites, schistes dévoniens de l'étage des schistes de Néhou et Porsguen et schistes carbonifères de Châteaulin.

Les filons appartiennent à deux groupes principaux :

1° Les filons productifs oscillent autour de la ligne Nord-Sud;

2° Les filons stériles sont Est-Ouest.

Le filon principal de *Huelgoat*, exploré sur une longueur de plus de 1 100 mètres, et jusqu'à plus de 300 mètres de profondeur, traverse, presque normalement à leur direction générale, toutes les roches de la contrée, granite, schistes dévoniens (mâclifères au voisinage du granite), microgranulite, poudingues, grauwackes et schistes carbonifères.

On a remarqué, conformément aux règles observées dans le Cornwall par M. Moissenet, que les parties les plus riches se rapprochaient de l'inclinaison maxima, 80°. Dans les microgranulites et grauwackes résistantes, le filon est productif; il devient, au contraire, à peu près stérile dans les schistes trop tendres. Enfin la direction qui a paru la meilleure était celle qui se rapprochait le plus de la ligne Nord-Sud.

A *Poullaouen*, le filon est uniquement encaissé dans les schistes et les grauwackes, en sorte que ces lois d'enrichissement sont beaucoup moins sensibles.

La largeur des filons de Huelgoat a varié de $0^m,60$ jusqu'à 3 et 4 mètres. Le remplissage était composé de galène et blende avec

[1] Coll. *École des Mines*, 1982 et 1983.

pyrite. Dans les parties superficielles et au voisinage des failles, on a rencontré des chlorures, bromures, iodures d'argent, de l'argent natif, du plomb phosphaté ou carbonaté, du plomb gomme, etc... dans une gangue de terre rouge... Des fragments de la roche encaissante sont fréquemment englobés dans le filon.

L'exploitation a été interrompue par l'abondance des venues d'eau.

*Bibliographie.*

1780. Duhamel. — Observ. sur les mines de plomb du Huelgoat, en Basse-Bretagne. (*Mém. de math. et phys. présentés à l'académie des Sc.*, t. IX, p. 711 et 717.)

1784. Monnet. — Sur les roches de granite d'Huelgoat en Basse-Bretagne. (*Journal de physique* de l'abbé Rozier, févr. 1784.)

1786. Gillet de Laumont. — Description de plusieurs filons métallifères de Bretagne et analyse de quelques substances nouvelles. (*Journal de physique.* Paris.)

1806. Daubuisson. — De la mine de plomb de Poullaouen et de son exploitation. (*Journal des mines*, t. XX, p. 347.)

1807. Daubuisson. — De le mine de plomb du Huelgoat et de son exploitation. (*Journal des mines*, t. XXI, p. 27.)

1820. Berzelius. — Analyse du plomb gomme du Huelgoat. (*Ann. d. M.*, 1re$^{s}$, t. V, p. 245.)

1813. Berthier. — Analyse du minerai d'argent du Huelgoat. (*Ann. d. M.*, 3e, t. III, p. 58.)

1841. Elie de Beaumont. — Explication de la carte géologique, p. 237.

1846. Pernolet. — Filons de Poullaouen. (*Ann. d. M.*, 4e, t. X, p. 381.)

1861. Von Cotta, p. 431.

1879. Groddeck, p. 308.

1883. Lukis. — Origine des filons métallifères de Poullaouen, etc. (*Bull. Soc. Et. Scient. du Finistère.* Morlaix, p. 90.)

1886. Davy. — Mines du Huelgoat et de Poullaouen. (*B. S. G.*, 3e, t. XIV, p. 900.)

1886. Lukis. — Notes sur les mines de Poullaouen, etc. (*B. S. G.*, p. 909).

## MINE DE PLOMB DE PONTGIBAUD (PUY-DE-DÔME) [1]

Le gisement de Pontgibaud (Puy-de-Dôme) est formé d'une

[1] Voir les feuilles géologiques au $\frac{1}{80.000}$ de Moulins, Gannat, Clermont.

Cette description a été écrite d'après des notes prises sur place en 1891 et complétée, dans sa dernière partie, d'après un important mémoire de M. Lodin, paru dans les *Annales des Mines* pendant l'impression de cet ouvrage.

grande cassure filonienne, à peu près Nord-Sud, qui paraît se prolonger, avec des intermittences, jusqu'à *Châteauneuf* et traverse les concessions de Pranal, la Brousse, Mioche, la Grange et Roziers.

Cette cassure est en relation nette avec les phénomènes de plissement, esquissés dès la venue de la granulite, accentués à l'époque carbonifère, poursuivis encore après le houiller, qui ont imprimé, à tous les terrains de cette région leur allure zonée caractéristique[1]. Elle n'est qu'un accident au milieu d'un ensemble de phénomènes qui comprend l'alignement si marqué du bassin houiller de Saint-Eloy, la disposition des innombrables filons de microgranulite de Manzat et, à l'époque actuelle, le suintement des sources minérales de Châteauneuf sur une ancienne direction de faille.

Le filon de Pontgibaud se présente, sur la concession de la Brousse (la plus prospère de toutes), sous forme d'une grande fracture au milieu du gneiss, fracture ayant jusqu'à 14 mètres de diamètre, longeant souvent des filons antérieurs de granulite ou de microgranulite et remplie par des fragments de gneiss, granulite, etc., qui y forment, soit une boue argileuse, soit une masse bréchoïde. En général, ce filon est unique; parfois pourtant, il présente des bifurcations, vite stérilisées à distance. Au milieu de ce remplissage argileux ou bréchoïde, court une veine de quartz, chargée par endroits de galène, avec un peu de barytine et de blende; exceptionnellement, on y a rencontré de la bournonite, du plomb carbonaté, sulfaté, etc... La calcite est rare et considérée là comme un mauvais signe, tandis qu'à Auzelles elle accompagne, au contraire, le minerai. Comme loi générale, M. Lodin a cru reconnaître que les épontes feldspathiques étaient favorables[2].

Jusqu'à une profondeur de 200 mètres, on a pu distinguer, dans ce filon, 2 colonnes riches ou plutôt 2 lentilles formées de minerai à $1^{kg},500$ d'argent; à 200 mètres, ce filon s'est soudain stérilisé et aminci, en même temps qu'il devenait plus horizontal. Un pro-

[1] Les granulites de Pontgibaud sont N. S. comme les filons de galène. On a trouvé au voisinage, à Argentelle, un filon de cassitérite; à la Miouse, du mispickel aurifère avec wolfram.

[2] *Loc. cit.*, p. 485.

jet, qui consistait à aller le rechercher à 350 mètres par un puits, a été abandonné et l'on s'occupe aujourd'hui d'explorer, par galeries, la partie comprise entre la Brousse et Pranal.

Cette concession de Pranal est exploitée sous le basalte, et l'acide carbonique y constitue une gêne notable.

L'âge du filon de Pontgibaud est mal déterminé; on peut cependant affirmer qu'il est postérieur au carbonifère, dont les tufs orthophyriques sont recoupés par les filons de Châteauneuf, et antérieur au pliocène moyen, puisqu'il est recouvert, à Pranal, par des basaltes et ne pénètre pas dans les alluvions ponceuses pliocènes de Saysoubre.

M. Lodin, par un rapprochement avec les filons barytiques qui longent la bordure de la Limagne et traversent l'oligocène, serait porté à le croire miocène.

Comme on pouvait s'y attendre avec un système filonien dont la direction générale de cassure est aussi nettement unique, les déviations locales, dues à la rencontre de cassures préexistantes, n'ont aucune influence sur le remplissage. Les variations d'orientation de la direction du gîte, peuvent, dans l'étendue d'une même colonne métallifère, atteindre 40° sans que la minéralisation en subisse aucune influence[1]. L'inclinaison ne paraît avoir joué un rôle qu'à la Brousse où le filon, qui était riche tant qu'il avait un pendage à 80°, s'est aminci et stérilisé en profondeur où son pendage est tombé à 55°.

M. Lodin, étudiant, à l'occasion de ces filons, la question discutée de l'appauvrissement des filons de galène en profondeur, a montré qu'à Pontgibaud comme à Huelgoat (et contrairement, dans ce dernier cas, à un travail de M. Pernolet[2]), on devait conclure à des zones alternatives d'élargissement et de rétrécissement, mises en évidence par le rapport des longueurs exploitées aux longueurs de galeries de recherche. Le seul appauvrissement qui pourrait sembler réel, c'est celui de la teneur en argent quand on s'enfonce. Ainsi, à la Brousse, le plomb d'œuvre tenait 0,006 aux affleurements, 0,005 entre 40 et 60 mètres, 0,004 entre 80 et

[1] Lodin. *Loc. cit.*, p. 481.

[2] Pernolet. *Ann. d. M.*, 4e série, t. X, p. 420 et 450.

400 mètres, 0,0035 vers 180 et 0,0015 à 240 mètres; cependant, d'autres filons montrent un phénomène inverse.

En 1890, la mine de Pontgibaud a occupé 489 ouvriers et produit 2582 tonnes de minerai de plomb à 253 francs; en 1891, elle a produit 2 425 tonnes à 213,10.

*Bibliographie.*

1822. Gueyniveau. — (*Ann. d. M.*, t. VII, p. 168.)
1850. Rivot. — (*Ann. d. M.*, t. XVIII, p. 137; cf. *Berg. u. H. Z.*, 1851, p. 273.)
1861. Cotta, p. 419.
1879. Groddeck, p. 239.
1889. Michel Lévy. — Feuille au $\frac{1}{80.000}$ de Clermont.
1891. L. de Launay. — Notes de voyage inédites.
* 1892. Lodin. — Etude sur les gîtes métallifères de Pontgibaud (avec plans et coupes). (*Ann. d. M.*, 9e, t. I, p. 389.)

## MINE DE PLOMB DE VIALAS (LOZÈRE)

Le champ de filons de galène argentifère de Vialas, en Lozère, gisement d'importance industrielle à peu près nulle aujourd'hui, est devenu classique, en France, par les travaux que lui ont consacrés MM. Lan et Rivot, et mérite, à ce titre, que nous nous y arrêtions un instant.

Le village de Vialas est situé sur le versant Sud de la Lozère, à 100 mètres au-dessus du Luech, torrent qui se jette dans la Cèze, près de Peyremale. La mine est desservie par la station de chemin de fer de Génolhac située, à 9 kilomètres de là, sur la ligne de Clermont à Alais.

**Constitution géologique de la région.** — Le massif granitique de la Lozère est entouré, de tous côtés, par des micaschistes passant graduellement à des schistes métamorphiques de moins en moins quartzeux, qui sont, à leur tour, recouverts en plusieurs points, par des terrains plus récents, en particulier par les bassins houillers de Portes, de la Grand-Combe et de Bessèges.

Les filons métallifères sont surtout concentrés dans les micaschistes, mais se prolongent, au Nord, sans changement de direction, dans le granite.

L'étude attentive de leurs rejets a conduit M. Rivot à y distinguer la série des systèmes de fracture suivants[1] :

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1° | Fractures | $H_{6\text{ à }7}$ | Direction vraie : | 79° | (Remplie par la venue barytique postérieure $H^e$.) |
| 2° | — | $H_5$ | — | 56° | Venue sulfureuse ancienne riche en argent. |
| 3° | — | $H_4$ | — | 41° | croiseurs quartzeux. |
| 4° | — | $H_{8\text{ à }9}$ | — | 100° | |
| 5° | — | $H_1$ | — | 176° | |
| 6° | — | $H_3$ | — | 26° | |
| 7° | — | $H_6$ | — | 71° | croiseurs barytiques. |
| 8° | — | $H_{10\text{ à }11}$ | — | 161° | failles sans remplissages. |
| 9° | — | $H_{12}$ | — | 180° | |

Chacune de ces directions avait été rattachée par lui, suivant les idées de l'époque, à un soulèvement de montagnes, et il avait cru pouvoir en conclure l'âge correspondant de la fracture.

Au point de vue pratique, on a admis une certaine relation entre la direction de la fente et la nature du remplissage.

On peut également vérifier ce fait intéressant, fréquemment observé en Saxe, que l'âge du remplissage d'un filon peut être parfois très différent de celui de la fracture.

Si nous passons en revue les divers systèmes de filons, nous trouvons les faits suivants :

1° *Le système* $H_{6\text{-}7}$ *ou des anciens,* le plus ancien et, par un hasard, également le plus anciennement exploité, se compose d'un filon barytique ne contenant que des mouches ou des rognons de minerai. L'âge de la fracture y est bien distinct de celui de son remplissage. Les fractures $H_{6\text{-}7}$ sont, en effet, coupées et rejetées par tous les autres accidents de la région. Au contraire, le remplissage barytique paraît être arrivé seulement à une époque beaucoup plus récente, par les filons de direction très voisine $H_6$ (7° système), d'où il passe, sans interruption, dans les veines plus anciennes. La venue barytique semble, à son tour, avoir été réouverte pour donner passage à la seule venue exploitée dans ce système, venue com-

[1] Rappelons que, dans la pratique des mineurs, on divise la moitié du cadran de la boussole, du Nord au Sud, en passant par l'Est, en douze heures, correspondant par suite, chacune à 15°. $H_6$ signifie que le filon est orienté vers la sixième heure, ou a 90° : pour avoir la direction vraie, il faut tenir compte de la déclinaison.

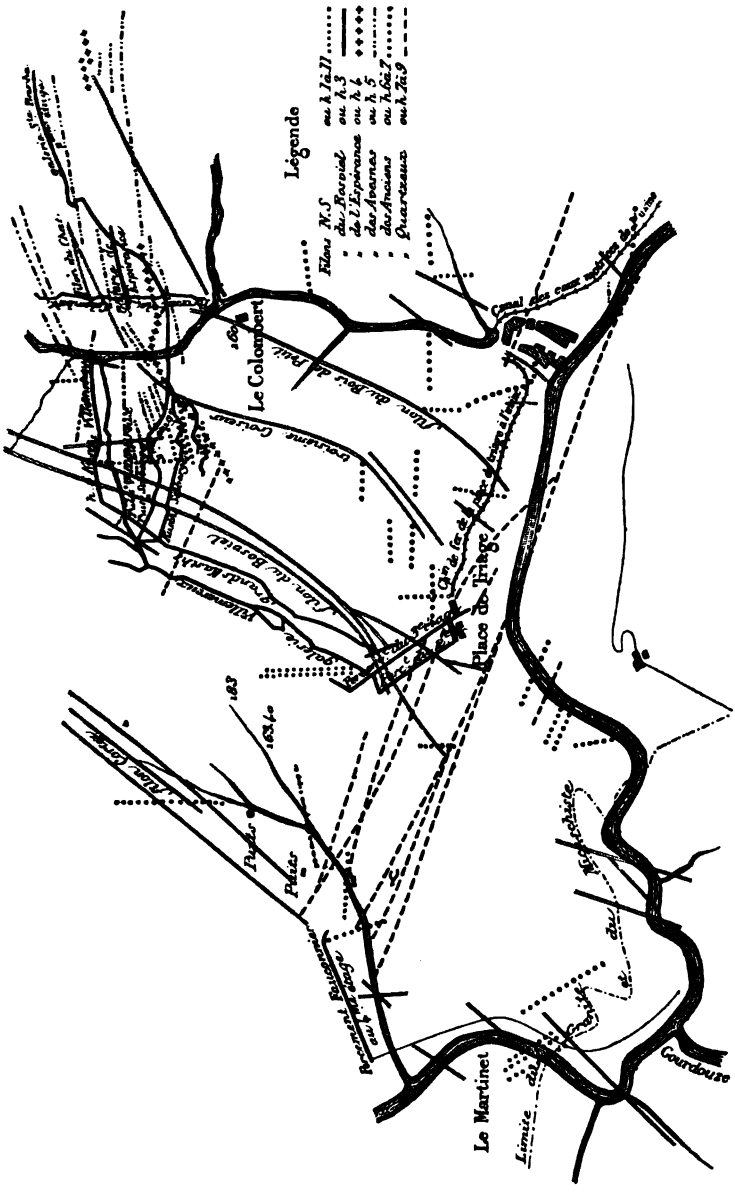



Fig. 284. — Plan de surface de la mine de plomb argentifère de Vialas (Lozère). Echelle au $\frac{1}{12.000}$.

posée de quartz cristallin avec galène argentifère. Les fragments de schistes encaissants sont très fréquents dans le remplissage.

2° *Le système* $H_3$ *ou des Avesnes* a été comparé à la véritable venue sulfureuse ancienne ($S_1$ de Freiberg)[1]. Ces filons ont été visiblement rouverts à diverses reprises; ils sont peu puissants et peu continus en direction, mais industriellement très importants: car ils renferment de la galène très argentifère contenant jusqu'à 475 grammes d'argent à la tonne de minerai. Leur remplissage est souvent détritique, parfois cimenté par une venue ancienne de calcite lamellaire avec galène. La galène riche se trouve avec de la calcite et de la barytine rose.

3° *Les systèmes* $H_4$, $H_{8-9}$ *et* $H_1$ ne sont que des croiseurs quartzeux à peu près stériles. $H_4$ est rempli par un mélange de quartz et de schistes broyés, avec pyrite de fer altérée. Le remplissage quartzeux paraît contemporain des fentes elles-mêmes; car, dans les nombreux croisements qui ont été rencontrés par les travaux, il ne passe jamais à des croiseurs plus récents. Les veines $H_4$ ont, d'ailleurs, résisté à toutes les réouvertures. Les filons $H_{8-9}$ sont bien caractérisés et puissants; leur remplissage principal est le quartz blanc laiteux, parfaitement pur ou bien empâtant des fragments de schistes; on y trouve, par places, un peu de blende et de pyrite de fer.

De même, les filons $H_2$ sont remplis d'un quartz un peu carié, assez dur, coloré plus ou moins régulièrement par du peroxyde de fer; on y distingue des montées postérieures de calcite.

4° *Les filons* $H_5$ sont très développés à Vialas.

5° *Les filons* $H_6$ sont exclusivement remplis de barytine d'un blanc laiteux, à texture cristalline et non métallifère. Ils recoupent, très visiblement, les filons $H_3$; nous avons dit, plus haut, que la venue barytique semblait être partie de là pour se répandre dans les veines $H_{6-7}$.

6° Enfin *les fractures* $H_{10-11}$ *et* $H_{12}$ sont de simples cassures sans trace de frottement et sans remplissage. Ni le quartz $H_{8-9}$ ni la barytine $H_6$ n'y pénètrent : ce qui a fait admettre qu'elles étaient plus récentes que toutes les autres.

En résumé, si on considère, non plus l'âge des cassures, mais celui des remplissages, les faits les plus nets sont les suivants :

[1] Voir plus loin, page 591.

Il s'est produit :

1° Une venue sulfureuse à galène pauvre (pyritishe blei de Freiberg?), après les fentes $H_5$, avant les fentes $H_{8-9}$;

2° Des venues quartzeuses, accompagnées, à certains moments, de calcite et d'un peu de blende et pyrite;

3° Une venue barytique $H_6$, certainement postérieure à la venue sulfureuse ;

4° Une venue de galène argentifère avec calcite, rencontrée dans les réouvertures de la barytine $H_6$ et postérieure aux fentes $H_{6-7}$;

5° Une venue de galène riche avec calcite cristallisée et barytine rose, la plus récente de toutes, qui caractérise les fentes $H_5$ et qu'on a longtemps recherchée dans tous les filons de même direction du Plateau Central.

C'est-à-dire que la succession (assez analogue, comme nous le verrons à celle qu'on constate en Saxe) est :

Galène pauvre ancienne avec quartz; galène avec calcite; galène avec barytine; galène argentifère.

Nous croyons qu'il serait hasardé de vouloir chercher des concordances de détail plus complètes et établir des lois trop rigoureuse pour des phénomènes qui ne semblent pas susceptibles de règles aussi strictes et aussi générales.

Par l'étude des directions, on avait essayé jadis d'établir que les dernières venues de galène argentifère étaient contemporaines des assises les plus élevées du groupe tertiaire. Un argument plus convaincant en faveur de l'âge assez récent de ces venues est la présence, dans le voisinage, de matières de remplissage analogues dans le lias et l'existence, en Auvergne, de nombreux filons barytiques, contenant parfois des traces de galène, jusque dans l'oligocène.

L'exploitation de la mine de Vialas se fait, en quatre niveaux, par gradins renversés. Un atelier de préparation mécanique et une fonderie se trouvent au voisinage du confluent des ruisseaux de la Picardière et du Luech.

De 1843 à 1877, on a extrait 166 379 mètres cubes de minerai, ayant donné 41 tonnes d'argent et 7 000 tonnes de litharge ou de plomb marchand :

Dans le même temps, les dépenses d'exploitation ont été de 8 millions, et les dépenses extraordinaires de 1 400 000 francs; en

sorte que le mètre cube revenait à 56 fr. 54 et la tonne à 1 310 fr. La baisse des prix sur le plomb et l'épuisement progressif du gîte en profondeur ont rendu, peu à peu, cette exploitation de plus en plus infructueuse. En 1882, on produisait encore, par an, 5 000 tonnes de minerai, donnant 200 tonnes de plomb et 1 000 kilogrammes d'argent. Depuis cette époque, la concession de Vialas a été achetée par la Société de Mokta-el-Hadid[1], avec une concession de houille connexe et n'est plus l'objet que de travaux insignifiants. En 1890, elle a produit 118 tonnes de minerai ; en 1891, 203.

*Bibliographie.*

1823 et 1824. MARROT. — (*Ann. d. M.*, 1re série, t. VIII et IX.)

1854. LAN. — Descr. des gites métallif. de la Lozère et des Cévennes Occid. (*Ann. d. M.*, 5e, t. VI, p. 401.)

1854. LAN. — Mines de plomb, argent et cuivre de la Lozère. (*Ann. d. M.*, 5e, t. VII, p. 351.)

* 1863. RIVOT. — (*Ann. d. M.*, 6e série, t. IV, 1863, p. 309.)

1871. STRUVER. — (*Neues Jahrb. f. Mineral*, 1871, p. 753.)

1878. Notice sur les mines de Villefort et Vialas, Rouvergue et Comberedonde.

1879. GRODDECK, p. 314.

1882. L. DE LAUNAY. — Journal de voyage manuscrit à l'école des Mines, p. 47.

* 1883. GARNIER. — Mines de Vialas. (*Ind. min.*, 2e, t. XI, p. 995.)

## GÎTES DE PLOMB SECONDAIRES DU PLATEAU CENTRAL

**Notre-Dame de Laval, Rouvergue, etc...** — Nous rapprochons des mines de Vialas d'autres gisements, qui présentent un intérêt du même ordre pour avoir été, de même, étudiés théoriquement par Rivot[2] : ceux de *Notre-Dame de Laval et du Rouvergue*, au Nord de la Grand'Combe.

Les terrains affleurant dans cette région sont le micaschiste, le houiller et le trias ; à Laval, des travaux très anciens ont suivi des filons $H_5$ dans le trias. Sur la concession de Rouvergue, un groupe de filons importants, également dirigés $H_5$ et plongeant

[1] Voir t. I, p. 721.

[2] Rapport autographié du 12 nov. 1864.

vers le Nord a été trouvé dans les micaschistes du ravin de la Fernet. Plus au Nord, à Masse, Cornac, le Chambon, d'autres filons oscillent de $H_8$ à $H_7$.

Dans le département du Gard, les seules mines de plomb exploitées aujourd'hui sont celles de *Malines ;* nous avons parlé, à propos du zinc [1], de ce gisement qui ne fournit un peu de galène (1 631 tonnes en 1889) qu'accessoirement.

Toujours dans le Plateau Central, nous nous bornerons à mentionner quelques concessions abandonnées, comme *Buech* et *Pradal*, en Lozère [2], où l'on avait un filon très épais (20 à 40 mètres), à remplissage essentiellement quartzeux, avec des sortes de colonnes barytiques, résultant peut-être d'une réouverture et renfermant de la galène argentifère.

Ces gisements ont été très anciennement connus ; il en est de même de ceux des environs de *Marvéjols*, également en Lozère, que l'on a essayé, sans succès, de reprendre en 1880 [3]. Quelques travaux y paraissent dater de l'époque romaine ; sous Charles VII, la quantité d'argent qu'on en tirait avait motivé la fondation d'un hôtel des monnaies royales à Marvéjols, en Gévaudan. Les filons ont deux directions : les plus anciens barytiques à 130°, les plus récents quartzeux et fluatés à 45°.

Dans la Haute-Loire, les filons de plomb inexploités d'Aurouze (Haute-Loire), près Paulhaguet ; dans la Corrèze, ceux de Chabrignac ont été l'objet de rapports de M. Fuchs : nous analyserons ces deux documents.

**Aurouze (Haute-Loire [4]).** — Les mines de plomb argentifère d'Aurouze, près Paulhaguet (Haute-Loire), ont été concédées par décret du 8 juin 1870 ; la superficie de la concession est de 2 660 hectares.

La région est constituée par des micaschistes que recoupent des filons de plomb argentifères, réputés assez riches en argent.

Ces filons sont remarquables par la proportion considérable de sulfate de baryte qu'ils renferment aux affleurements ; dans la

[1] Page 434.

[2] Rapport de M. Germain en 1875.

[3] Rapport de M. E. Paulet, 3 août 1879.

[4] Rapports de MM. Tourgon (1870), Thomé de Gamond (1874), Fuchs (1875 à 1877), Cambrésy (1879).

plupart d'entre eux, cette proportion est assez forte pour en permettre l'extraction spéciale et c'est même en exploitant la barytine, abondante surtout à la surface, qu'on a découvert la galène argentifère. En profondeur[1], les filons deviennent généralement quartzeux.

Les filons reconnus sont :

1° Sur la rive droite du ravin de l'Aurouze :

Le *filon de la Montagne*, N. 42° O. ;

Le *filon des Anciens*, N. 37 à 42° O., recoupé par les puits Saint-Louis et Bergoin, presque toujours barytique et stérile et ne contenant de quartz que dans des géodes, en résumé inexploitable ; puis deux filons de fluorine sans trace de galène, à peu près parallèles, N. 44° O. ;

Le *grand filon d'Aurouze*, en moyenne N. 60° O. ;

Le *filon d'Elpen* N. 70° O ;

2° Sur la rive gauche, le *filon des eaux minérales* N. 45° O., surtout quartzeux, le filon de Fararie N. 41° O., et le filon Delpeux.

Les efforts se sont concentrés, vers 1879, dans le quartier des eaux minérales.

D'une manière générale, la galène accompagne le quartz, tandis que la barytine est le plus souvent stérile. Souvent le spath-fluor, également stérile, reprend de l'importance en profondeur.

**Chabrignac (Corrèze)**[2]. — Le gisement de Chabrignac, en Corrèze, présente cette particularité de montrer une relation nette entre des filons et des imprégnations de grès permiens et de former ainsi une sorte de transition entre le type filonien et le type à allure sédimentaire.

La concession comprend :

1° Des filons, dirigés sensiblement Nord-Sud, très abondants dans la région, qui recoupent, non seulement les schistes cristallins, mais encore le terrain houiller et les grès, permiens ou triasiques, qui le surmontent. Leur remplissage est composé essentiellement de barytine et pyrite, avec mouches de galène. Le seul

[1] Nous avons déjà eu l'occasion de faire remarquer que ce fait se produisait très fréquemment.

[2] Rapports de C. Ferrière (1871) et Fuchs (1874).

filon qui ait paru susceptible d'exploitation, celui de la Ferragerie, était compris dans ce groupe;

2° Des filons métallifères $H_4$, peu visibles à la surface et très irréguliers d'allure, en outre extrêmement minces, dont le remplissage est formé de galène et pyrite avec gangue barytique, un peu de calcite et de quartz;

3° Des imprégnations dans le grès permien, malheureusement éparpillées sur un assez grand cube de terrains et d'une manière irrégulière.

La nature de la gangue, barytique et pyriteuse, était une gêne pour l'élaboration de ces minerais, car elle ne permet guère d'enrichir, à la préparation mécanique, au-dessus de 50 à 60 p. 100, et rend impossible le traitement au four à réverbère.

**Morvan.** — La même relation caractéristique entre les épanchements et les filons est très visible à l'autre extrémité du Plateau Central, dans le *Morvan*.

Dès 1840, de Beust [1], en étudiant les environs d'Avallon, avait été frappé de voir des imprégnations de galène, carbonate de cuivre, quartz et barytine, pénétrer dans les sédiments du trias et du lias; de trouver, par exemple, des gryphées arquées, remplies de sulfure de plomb. C'est un phénomène qui se représente fréquemment sur tout le pourtour du Plateau Central. A *Corbigny*, on observe des coulées siliceuses interstratifiées riches en galène. Près de là, à *Chitry-les-Mines*, on a exploité, au siècle dernier, des filons concrétionnés de galène, quartz, barytine et fluorine. Près de *La Châtre* (Indre), on a concédé du plomb dans des bancs de quartz carié triasique analogues, etc...

*Bibliographie.*

1852. Boise. Gîtes métallifères de l'*Aveyron*. (*Ann. d. M.*, 5e, t. II, p. 467.)

1856. Parran. — Gîtes métallifères de *Pallières* (Gard). (*Ann. d. M.*, 5e, t. XV, p. 47.)

1857. Formation des minerais de plomb de la *Dordogne*. (*B. S. G.*, 2e, t. XIV, p. 885.)

[1] Kritische Beleuchtung der Wernerschen Gangtheorie.

## MINES DE PLOMB DE LA RÉGION PYRÉNÉENNE

Les mines de plomb exploitées de la région pyrénéenne sont : dans l'Ariège : *Sentein*, *Moncoustans*, le *Bentaillou ;* dans l'Aveyron, *Villefranche* et *Asprières ;* dans les Hautes-Pyrénées, *Pierrefitte*. Nous dirons quelques mots de gîtes qui, industriellement, ont peut-être moins de valeur, mais qui présentent un intérêt géologique, ceux de Seix, le Pouech et Aulus (Ariège), des Arguts (Haute-Garonne).

**Seix, le Pouech et Aulus (Ariège).** — Les trois concessions de *Seix*, *le Pouech* et *Aulus* sont situées dans l'arrondissement de Saint-Girons, département de l'Ariège. Les gisements, exploités en grand à l'époque romaine, surtout au Pouech, ont été repris, un moment, au XVIII[e] siècle ; les travaux modernes sont peu importants.

M. Vieira y a distingué quatre systèmes de filons :

1° Filons plombeux, N. 70° E., généralement réguliers, avec pendage de 70 à 80° au Sud. Ils contiennent de la galène pauvre en argent (100 à 200 grammes aux 100 kilogrammes de plomb) avec gangue de chaux carbonatée, blende, fer spathique et quelquefois quartz. La blende domine aux affleurements, mais tend à disparaître en profondeur ;

2° Filons plombeux, N. 110° E., moins continus que les précédents. Le minerai est de la galène beaucoup plus riche en argent (200 à 700 grammes), avec gangue de calcite ; la blende est plus rare ; le quartz plus fréquent ;

3° Des filons cuivreux N. 140° E. à N.-S. recoupent les précédents. Le remplissage est formé de pyrites de fer et de cuivre à gangue quartzeuse ;

4° Croiseurs quartzeux N. 20° E., généralement stériles, quelquefois un peu cuprifères.

Les colonnes riches semblent se trouver à la rencontre des deux premiers systèmes.

En résumé, le cuivre ne paraît pas exploitable ; mais M. Vieira croyait à l'existence de masses importantes de galène.

D'après des rapports de service de MM. Mussy et de Cizancourt, on peut évaluer, entre $0^m,05$ et $0^m,16$, la puissance réduite des colonnes riches d'Aulus et de Seix et l'abatage d'un mètre carré de filon y fournirait entre 350 et 1 100 kilogrammes de minerai marchand.

Le défaut de ces gisements, c'est leur altitude très élevée.

**Arguts (Haute-Garonne).** — Le district des Arguts, situé entre Faune et Saint-Beat (Haute-Garonne), comprend des schistes ardoisiers siluriens exploités pour ardoises et recoupés par des filons métallifères qui affleurent entre 600 et 700 mètres d'altitude. Ces filons sont assez nombreux, mais peu épais. Leur remplissage dominant est la blende, avec de la galène en proportion moindre. Ceux, sur lesquels on a fait quelques travaux productifs, avaient 8 centimètres d'épaisseur réduite : $1^c,3$ en galène, $6^c,7$ en blende.

On y a signalé des filons parallèles à la stratification, dans les schistes quartzeux, où l'ordre de consolidation était le suivant : quartz, blende, galène ; notamment un filon à 75°, d'une épaisseur de 20 centimètres et d'une épaisseur réduite de 7 à 8 centimètres, dont les 5/6 en blende et 1/6 en galène ; un autre filon à 65°, d'une épaisseur de $0^m,10$ à $1^m,80$, ayant la même épaisseur réduite et la même teneur que le précédent, etc.

*Bibliographie.*

1786. Dietrich. — Les Pyrénées.

1859. Rapport manuscrit de M. de Cizancourt sur Aulus (25 mai 1859).

1870. Mussy. — Ressources minérales de l'Ariège. (*Ann. d. M.*, 6e, t. XVII.) Il cite une description due à Malus en 1600.

1876. Combet. Rapport sur les mines de zinc et de plomb argentifère des Arguts.

1879. Note sur les ardoisières et les mines métalliques d'Arguts (Haute-Garonne).

*1877. Rapport de M. Vieira.

1886. Stuart Menteath. — Gites métall. des Pyrénées-Occid. (*B. S. G.*, 3e, t. XIV, p, 587.)

## GÎTES DES ALPES, DE SAVOIE ET DE CORSE

Nous nous bornerons à mentionner, dans les Alpes, les mines de Merst, Sarrasins, Montchabert, Bonvillard ; pour celles d'Allemont et de Chalanches en Dauphiné, nous renvoyons au chapitre de l'*Argent;* nous décrirons seulement, dans cette région, celles de Pesey (Savoie), qui présentent quelque intérêt historique.

**Pesey (Savoie).** — Pesey est situé sur la rive gauche de l'Isère, à environ 20 kilomètres en amont de Moutiers. Les mines sont à la cote 1580, au pied d'une falaise que surmonte le glacier de Pepin.

Le gisement est constitué par un filon couche.

L'exploitation, qui a été assez active au début du siècle, a porté à peu près exclusivement sur une colonne, très inclinée, de galène tenant 210 grammes d'argent aux 100 kilogrammes de plomb. La colonne avait été extrêmement riche dans les parties hautes, où elle avait présenté une puissance de 8 mètres, donnant assez aisément des minerais à 82 p. 100 de plomb. Puissance et richesse diminuèrent rapidement en profondeur.

Le gisement, découvert en 1714, et exploité, de 1742 à 1760, par une compagnie anglaise, puis, jusqu'en 1792, par une compagnie sarde, fut, à ce moment, déclaré bien national. En 1802, l'école des mines dut être installée à Pesey sous la direction de Schreiber, qui reprit l'exploitation des mines et la continua avec succès jusqu'en 1814. On sait d'ailleurs que les difficultés d'installer une école à Pesey la firent, en pratique, établir à Moutiers jusqu'en 1814.

Pesey s'épuisant, Schreiber, en 1813, mit en exploitation, à 10 kilomètres de là, la mine de *Macot*, qui a eu une certaine prospérité jusqu'en 1866.

**Corse.** — En *Corse*, la galène argentifère forme des filons dans un granite, dans les environs de *Caleuzana*, sur le mont *Asinaio*, et dans des schistes serpentineux aux environs de *Pietralba* et de

*Paterno*, près de Bastia. Elle est très pauvre en argent, sauf en quelques points, comme à *Argentella*, où l'on a obtenu exceptionnellement 5ᵏᵍ,920 d'argent à la tonne de plomb.

*Bibliographie.*

1806. Lelivec. — Statistique des mines et usines du département du Mont-Blanc. (*Journal des Mines*, t. XX, 2ᵉ semestre 1806.)

1844. Virlet d'Aoust. — Mine de plomb argentifère de Macot en Tarentaise. (*B. S. G.*, 2ᵉ, t. I, p. 810.)

1861. Baudinot. — Mine de plomb argentifère de l'Argentière. (*B. S. G.*, 2ᵉ, t. XVIII, p. 791.)

1889. Aguillon. — Notice sur l'Ecole des mines, p. 87.

## FILONS DE PLOMB ALLEMANDS[1]

Il existe, en Allemagne, de très nombreux gisements de plomb. En laissant de côté ceux de la Silésie décrits plus haut[2], au chapitre du *Zinc*, ceux du Harz et de la Saxe renvoyés plus loin[3] avec les champs de filons complexes, nous avons encore à mentionner ceux des Vosges, de la Forêt Noire, de la Prusse rhénane, du Nassau, de la Thuringe, etc.

Dans les *Vosges*, on connaît des filons de galène très argentifère, dans le gneiss, aux environs de Markirch, d'autres près de Saint-Nicolas dans le dévonien, d'autres enfin dans le grès rouge ou le trias au Nord de l'Alsace, à Lembach, Windstein, Katzenthal ou, dans le Palatinat, toujours sur la rive gauche du Rhin, près de Schönau, Bundenthal, Erlenbach, etc.

En face des Vosges, sur la rive droite du Rhin, dans la *Forêt Noire* et le *duché de Bade*, il existe deux faisceaux de filons, dont l'un va de Hofen et Kirchhausen (au Sud) à Heubronn, Saint-Ulrich, Zähringen et Neuweier près Steinbach, tandis que l'autre, plus à l'Est, se poursuit de Görwihl, dans la vallée de

[1] Voir d'Achiardi, I, 250.

[2] Page 449.

[3] Pages 576 et suiv.

l'Alb près Saint-Blasien, par Hausach et Biersbach, jusqu'à Baden, sur 124 kilomètres de long.

Plus au Nord, se trouvent, sur les deux rives du Rhin, les importants gisements plombifères de la *Prusse rhénane*, du *Nassau* et de la *Wesphalie*, pour la plupart encaissés dans le dévonien et dont nous décrirons bientôt[1] quelques-uns plus en détail.

Là, sur la rive gauche du Rhin, la galène, la blende et la pyrite forment des nids et amas dans le dévonien d'Aix-la-Chapelle, entre Eupen et Wenau, près de Schleiden, Call et Dottel. Nous étudierons quelques gîtes de ce genre, situés dans la même région, à Commern, Mechernich, etc., comme sédimentaires.

Sur la rive gauche de la Moselle, on peut citer les filons de Bleialf près Prüm (Trèves), de Rescheid près Schleiden (Aix-la-Chapelle) qui donnent de la galène pauvre (glasurerz), ceux de Saint-Johann, Saint-Jost, etc., près Mayen (Coblenz) et ceux des environs de Wittlich, sur le flanc Sud de l'Eifel.

Sur la rive droite du Rhin, un groupe de filons, industriellement plus importants, commence dans le Nassau, se retrouve à Saint-Goarhausen (Wiesbaden), traverse le Lahn, et arrive à Holzappel. D'autres se présentent sur les deux rives de la Lahn, à Ems et à Kransberg. Nous leur consacrerons un paragraphe plus loin.

Vers le Nord, mentionnons encore les filons d'Alterkirchen, Ottershagen près Rosbach, Wingartshardt, Morsbach, Busenbach, Eulen, etc.

Dans le district de Cologne, le dévonien moyen (Lennenschiefer) renferme des filons de galène et blende près de Sieg, Mülheim, Waldbroel, Wipperfürt et Gummersbach ; le calcaire de l'Eifel en contient aux environs de Mülheim, près de Bensberg ; on en retrouve, dans le calcaire carbonifère et le culm, à l'Ouest d'Hasternath et près de Stolberg.

En Thuringe, les filons de Weitesberg sont dans le silurien.

[1] Page 523.

## MINES DE EMS, HOLZAPPEL, ZELL-SUR-MOSELLE, ETC.

(PRUSSE RHÉNANE, RÉGENCE DE COBLENZ ET NASSAU)

La vallée de la Lahn et les deux rives du Rhin, entre Coblentz et Bingen, présentent, comme nous venons de le dire, des mines de plomb exploitées depuis de longues années.

Cette région est formée de schistes argileux ou ardoisiers du dévonien inférieur, accompagnés, dans la Lahn, d'un peu de grauwacke.

Ces schistes, dirigés N. 45° E. avec pendage S.-E., sont traversés par de nombreux filons de quartz, blende et galène avec un peu de sidérose (plus abondante dans le Nassau) et de pyrite sans barytine. La galène est l'élément essentiel. A Holzappel, on a 380 kilogrammes de minerai au mètre cube ; à Ems, 270.

La puissance, assez irrégulière, est, en moyenne, de $0^m,50$ à Holzappel.

Les filons présentent des inflexions brusques et des étranglements, avec la tendance, habituelle aux filons dans les schistes, de suivre, pendant quelque temps, la stratification pour passer ensuite d'un banc à l'autre. Parfois, on a des éparpillements de veines, appelés *zug*. C'est ainsi qu'à Obernhoff, un filon principal, composé d'un axe quartzeux et de deux bandes de blende et galène, est accompagné, pendant longtemps, de deux filons parallèles. Comme au Bleiberg, dont nous parlerons plus loin, le remplissage est souvent bréchiforme et comprend des fragments de schiste incrustés de blende et galène. A Holzappel, on exploite, sur 400 mètres de haut, un filon de $0^m,50$ de large. Cette mine occupe 1 200 ouvriers (dont 750 au fond) ; Ems occupait, en 1870, 3 000 ouvriers.

A Zell-sur-Moselle, les exploitations ont porté surtout sur le filon d'Altay. Dans cette mine, la production a été, en 1873, d'environ 1 500 tonnes de minerai à 59 p. 100 de plomb et 50 grammes d'argent aux 100 kilogrammes de plomb.

### *Bibliographie.*

BURAT. — Géologie appliquée, p. 153.
1870. VÉZIAN. — Rapport sur les mines de Zell-sur-Mozelle (Besançon).
1874. VILLIÉ. — Rapport sur les mines de Zell-sur-Moselle (Besançon).

## MINE DE BLEIBERG ES-MONTZEN (BELGIQUE)

En Belgique, il existe, de Namur vers Aix-la-Chapelle, sur la zone de contact du calcaire carbonifère et du houiller, une suite de mines, Corphalie, Ampsin, Engis, Das, Moresnet, Verviers, Altenberg, Bleiberg, etc., qui se prolonge en Prusse à Diepenlichen et Stolberg. Nous avons déjà parlé de ces gisements à propos de la calamine[1]; nous nous bornerons ici à quelques détails sur le gîte de Bleiberg.

A Bleiberg, on a exploité un filon de galène et blende, N. 57°. O., connu sur 7 kilomètres de long, à travers le terrain houiller et le calcaire carbonifère.

Ce filon, de $0^m,90$ de large environ, a un remplissage bréchiforme composé de fragments de grès et de schistes dans le houiller, de calcaire dans le carbonifère, cimentés par des minerais rubanés. Il y subsiste des vides incrustés de minerais et, dans d'autres parties, des détritus argileux stériles, résultant du délitement des schistes, qui paraissent s'être opposés à la pénétration des eaux.

Ces minerais comprennent alternativement de la blende et de la galène, rarement les deux ensemble. Ils se sont renouvelés plusieurs fois et ont commencé par la blende ; car celle-ci existe toujours avec la galène et souvent seule. Ils sont accompagnés d'une gangue de calcite et de silice avec un peu de pyrite. La composition est la même dans le calcaire que les schistes. Postérieurement au remplissage et pendant le remplissage même[2], il s'est produit des phénomènes de réouverture, de glissement d'une éponte sur l'autre, de production de faces polies et de salbandes, etc.

Ces phénomènes sont particulièrement nets dans les parties supérieures du calcaire, voisines du terrain houiller, où il s'est formé un grand évasement de 300 mètres de long, 70 de large et 60 de profondeur, dont le remplissage présente un caractère absolument détritique.

Cette mine a produit, de 1833 à 1878, 60 000 tonnes de plomb

[1] Pages 417 à 423.

[2] On le constate à la présence de cristaux intacts développés sur les cristaux brisés.

et 20 000 de zinc ; le plomb est presque totalement utilisé pour la fabrication de la céruse et du minium orange (employé lui-même dans la préparation du cristal).

La tonne de minerai brut extraite contient, en moyenne, 18 p. 100 de minerai utile. La grande difficulté à laquelle on s'est heurté, a été une énorme venue d'eau, ayant atteint, en moyenne, 33 mètres cubes par minute et, accidentellement, 43 mètres cubes ; la mine drainait, en effet, toute une région traversée par la rivière, la Gueule.

*Bibliographie.*

1876. (*Cuyper*, t. XL, p. 229.)
1878. Rémy Paquot. — Notice pour l'Exposition universelle.

## FILONS DE PLOMB D'AUTRICHE

En Autriche, nous aurons à décrire les champs des filons complexes de Przibram et Mies en Bohême [1] ; mais une grande partie de la production de plomb du pays est, en outre, fournie par les gisements de la zone alpestre de Carinthie et du Tyrol, gisements pour la plupart encaissés dans les calcaires.

En Carinthie, les principales mines sont celles de Raibl [2], Bleiberg [3] et Windisch Kappel ; dans le Tyrol, on cite les gîtes de Pfundererberg, Brezzuro, Schneeberg. A Schneeberg, les filons encaissés dans le micaschiste contiennent une association de galène et de sidérose.

Nous rappellerons, d'ailleurs, que le Banat [4] produit accessoirement du plomb ; il en est de même, en Hongrie et Transylvanie, des mines de Schemnitz, Kremnitz, Kapnik, Nagiag, Felsobanya, Offenbanya, etc.

[1] Page 568. La Bohême a produit : en 1890, 14 538 tonnes de galène argentifère (comptés par la statistique comme minerai d'argent) et 2 474 tonnes de galène pauvre.
[2] Voir plus haut p. 1424.
[3] Voir plus loin.
[4] Voir t. I, p. 660 et t. II, p. 258.

## FILONS DE PLOMB ESPAGNOLS

Parmi les gisements de plomb espagnols, nous décrirons ici ceux de Linarès (province de Jaen), de l'Horcajo et Castuera

Fig. 285. — Carte minière du Sud de l'Espagne au $\frac{1}{7.000.000}$.

(province de Ciudad-Real), de Carthagène, Mazarron, Aguilas (province de Murcie), etc.

## MINES DE PLOMB DE LINARÈS-LA-CAROLINA [1]

**Historique et situation économique.** — Le district de Linarès-la-Carolina, qui est aujourd'hui avec celui de Carthagène, le premier centre de production de plomb du monde entier, se trouve, au N.-N.-O. de la province de Jaen, entre Jaen et Ciudad-Real, sur

[1] Coll. *Ecole des Mines*, 1978.

Pour tous les détails sur Linarès, nous renverrons à un important mémoire de M. de Mesa y Alvarès, paru en 1890 dans la *Revista Minera*.

le méridien de Madrid et à proximité de la grande ligne de chemin de fer de Madrid à Cordoue.

L'exploitation des mines de cette région paraît, comme celle de beaucoup de mines espagnoles (Carthagène, Huelva, etc.), remonter à l'époque phénicienne. Pendant la domination romaine, des documents certains montrent qu'on travailla avec activité dans quelques-unes, en particulier à Palazuelos (mine aujourd'hui exploitée par la société Stolberg et Westphalie), où on semble avoir dépilé, à ce moment, des filons argentifères analogues au filon 14 que nous décrirons à Valdeinferno [1]. Après le temps d'oubli des invasions barbares, nous voyons, de 1563 à 1629, à la suite de la fameuse loi de Philippe II, les déclarations de découvertes se multiplier et une exploitation s'organiser peu à peu jusqu'au grand essor qui s'est produit vers 1850 et dont les chiffres de production résumés dans un tableau suivant peuvent donner une idée :

La province de Jaen (district de Linarès) a produit, en minerai de plomb :

| | | | |
|---|---|---|---|
| En 1867 . . . | 40 000 tonnes. | En 1883 . . . | 111 738 tonnes. |
| 1868 . . . | 57 085 — | 1885 . . . | 101 555 — |
| 1869 . . . | 67 271 — | 1886 . . . | 115 730 — |
| 1870 . . . | 67 299 — | 1887 . . . | 119 987 — |
| 1871 . . . | 72 748 — | 1888 . . . | 114 300 — |
| 1872 . . . | 93 682 — | 1889 . . . | 112 500 — |
| 1875 . . . | 86 000 — | 1890 . . . | 116 240 — |
| 1881 . . . | 118 325 — | 1892 . . . | 115 000 — |

Dans le premier trimestre de 1892, 788 mines exploitées ont produit 25 338 tonnes de minerai ; sur ce total, les trois principales sont : Arroyanes, 6 089 tonnes; Tortilla, 2 310 tonnes; Coto la Luz, 1 437 tonnes.

Les diagrammes des figures 286 et 287 représentent, d'ailleurs, la production et l'exportation des minerais du district de Linarès de 1881 à 1887.

En 1888, on a extrait 71 423 tonnes de galène, 10 392 de carbonates, 5 tonnes de blende, 24 de minerai de cuivre et 34 de fer.

En même temps, le nombre total des concessions était de 1 011 ; celui des mines en exploitation de 788, représentant 773 kilomètres

[1] Voir page 539.

de galerie. Les ouvriers occupés étaient au nombre de 5 765, auxquels il faut adjoindre 198 femmes et 1135 enfants.

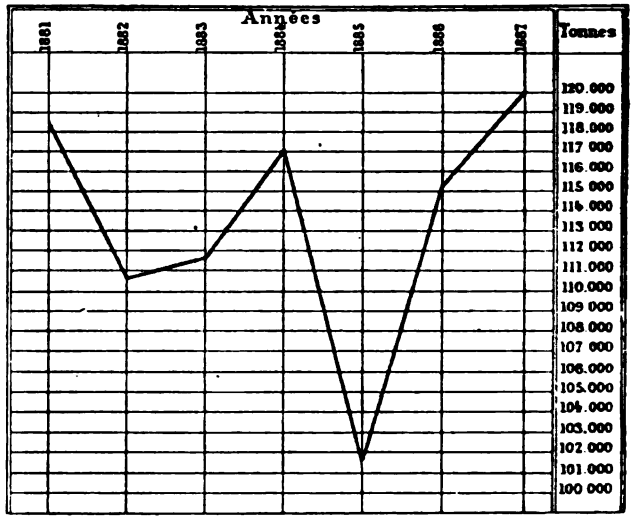



Fig. 286. — Diagramme de la production des minerais à Linarès de 1881 à 1887.

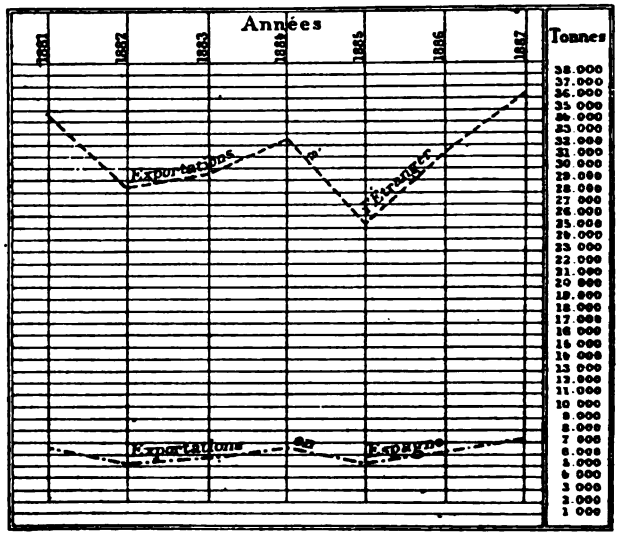



Fig. 287. — Diagramme de l'exportation des minerais de Linarès pour la péninsule et pour l'étranger

On voit que la production de ce district reste à peu près constante depuis 1880, malgré la dépréciation des prix du plomb qui a fait

arrêter tant d'autres mines. Son développement serait plus rapide encore s'il n'était arrêté par les principales causes suivantes :

1° Le trop grand nombre de concessions oblige encore la plupart des mines à employer des moyens d'exploitation rudimentaires, faute de capitaux.

2° La plupart des exploitations sont faites sans prévoyance; on épuise chaque étage avant de faire les recherches nécessaires à l'exploitation des suivants : d'où une grande irrégularité de production, préjudiciable aux intérêts des mines. Les épuisements sont sommaires, on rejette les eaux à la surface sans s'inquiéter de savoir si elles rentreront dans la mine ou dans la mine voisine : en sorte que la même eau se trouve extraite inutilement un grand nombre de fois, et qu'on finit par sortir, chaque jour, des diverses mines, un cube d'eau considérable.

Le même manque d'entente et le même éparpillement produisent des résultats également fâcheux au point de vue des installations de préparations mécaniques, laveries, etc...

3° L'État, tout en imposant une contribution de 1 p. 100 du produit brut, n'a pas de contrôle direct ; aussi, à chaque instant, ont lieu des fraudes et des conflits entre l'administration et les mines à ce sujet, si bien que les usines ne savent presque jamais sur quelle production elles pourront compter.

4° Les lieux de vente sont trop éloignés et les moyens de transport trop restreints. Les minerais sont vendus à Carthagène, distant de 546 kilomètres et de là, embarqués pour les ports de la province de Murcie, à destination d'Almeria. Ce n'est que parce qu'ils sont bien plus purs que les minerais similaires des côtes de l'Est de l'Espagne qu'ils peuvent supporter de pareils frais de transport. La création d'un chemin de fer direct de Linarès à Almeria, dont le projet a d'ailleurs été approuvé par le gouvernement, augmenterait de près de 40 p. 100 les valeurs des minerais.

**Constitution géologique de la région.** — Le soubassement général de la région (voir la carte géologique, fig. 288) est formé par des granites, généralement gris, peu micacés et très feldspathiques, qui semblent appartenir à une zone dirigée Est-Ouest, recouverte presque partout par des terrains sédimentaires. Ces

granites n'affleurent qu'en quelques points, au N.-E. de Linarès, au N.-O. de Baïlen, à Santa-Elena, etc.

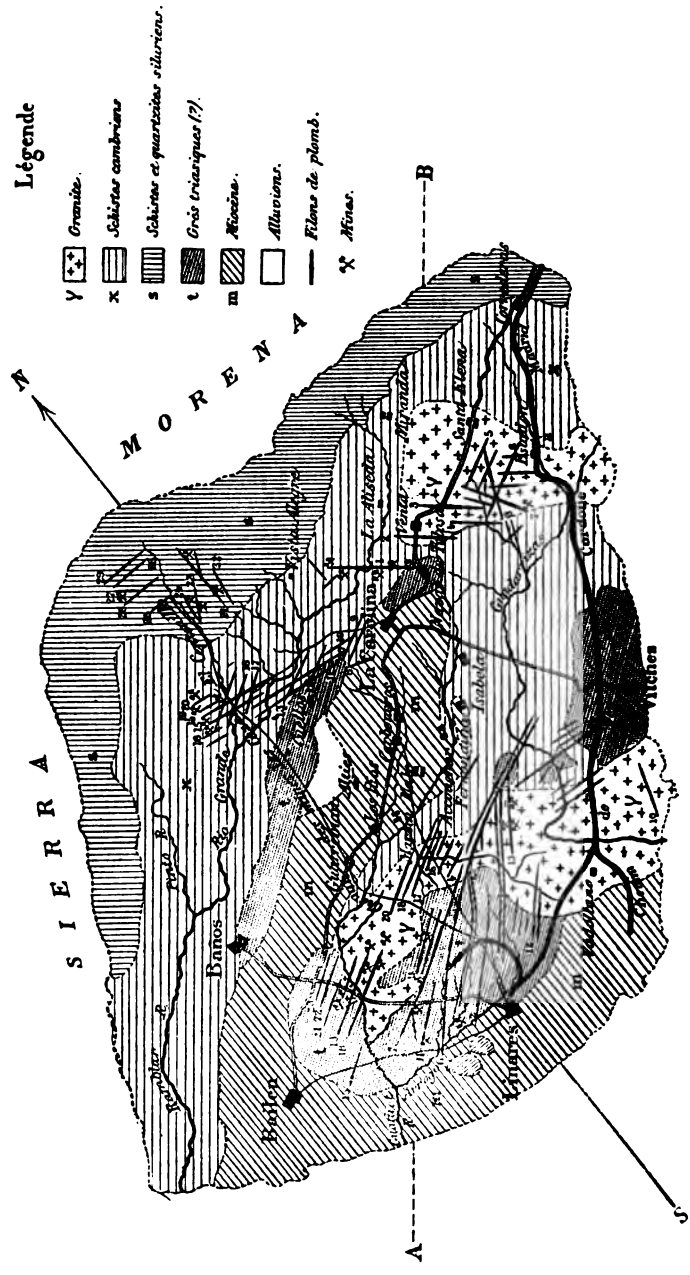



Fig. 288. — Carte géologique de la région de Linarès, d'après M. de Mosu. Echelle au $\frac{1}{200.000}$

Au-dessus d'eux viennent, dans les parties Nord et Ouest, des terrains paléozoïques, rattachés au cambrien et au silurien, terrains surtout composés de schistes avec des quartzites intercalés formant les hautes montagnes qui séparent la Manche de l'Andalousie. La figure 288 donne, d'après don Pedro de Mesa, la disposition de ces deux groupes de terrains; le cambrien seul y est figuré autour de Linarès, tandis que le silurien n'apparaît que plus au Nord.

Plus haut, deux bandes de grès rougeâtres, dirigées Est-Ouest, apparaissent l'une à Linarès, l'autre vers la Carolina. Elles ont été rapportées au trias par M. Lucas Mallada; mais M. de Mesa est porté à les croire, au moins en grande partie, beaucoup plus jeunes, peut-être du miocène inférieur. Au point de vue spécial qui nous occupe, le fait n'est pas sans importance, car il pourrait nous aider à fixer l'âge des filons de Linarès, nettement antérieurs à ces grès.

Enfin, le miocène marin inférieur recouvre une partie de la zone centrale entre Linarès et Carolina et de celle qui s'étend au Sud-Ouest, de Linarès à Baïlen. Il est représenté surtout par des mollasses où M. de Verneuil a trouvé, avec l'Ostr. Crassissima, de grands Clypeaster voisins du C. altus. Ces mollasses ne diffèrent de celles que nous venons de signaler comme peut-être triasiques, que par leur couleur plus claire et la présence de la chaux dans le ciment. Il semble y avoir transition de l'un à l'autre faciès.

Le terrain miocène, qui ne dépasse guère 40 mètres autour de Linarès, arrive à 200 mètres quand on s'en éloigne.

**Gisements métallifères.** — Le granite et les terrains anciens de Linarès sont recoupés par un très grand nombre de filons de galène relativement réguliers et constants, filons toujours arrêtés au-dessous du grès superficiel (triasique ou tertiaire) qui en masque souvent les affleurements; en sorte que leur âge, certainement postérieur au silurien, peut avoir, comme limite supérieure, dans une hypothèse, le trias, dans l'autre, le miocène inférieur, sans qu'il soit permis de préciser davantage. Géographiquement, ces filons peuvent se diviser en deux groupes dont les caractères sont d'ailleurs quelque peu différents, Linarès et la Carolina; par leurs directions, leur allure et leur remplissage ils se rattachent à quatre types distincts :

1° Le premier de ces types, très général à Linarès, est celui de filons N.-E.-S.-O., toujours encaissés dans le granite, passant parfois, sans changer d'aspect, dans le schiste cambrien, filons à minéralisation de galène compacte, rarement noduleuse, avec gangue de quartz. Ces filons, alternativement élargis et rétrécis, ont souvent présenté une zone riche à la surface, puis un appauvrissement à une profondeur variable et, de nouveau, un enrichissement.

2° Le second type est celui des filons de la Carolina, filons Est-Ouest, encaissés dans les schistes cambriens ou siluriens. Là on a généralement une interstratification apparente, une grande puissance assez constante, une minéralisation noduleuse et irrégulière, une richesse en argent plus grande que dans le premier groupe, une gangue de quartz ou de barytine. Quand ces filons passent dans le quartzite pauvre ou le granite, leur épaisseur diminue le plus souvent et leur minéralisation devient plus compacte.

3° Des filons S.-E.-N.-O. se trouvent dans la région E. de la Carolina, à Valdeinferno et Palazuelos. Moins puissants que les précédents, ils s'appauvrissent, en général, en passant du granite aux schistes. La métallisation est noduleuse et forme, au milieu d'une gangue de quartz, des lentilles (bolsadas) de galène. Les épontes sont nettes. A Valdeinferno, un de ces filons contenait une zone de barytine avec argent natif.

4° Enfin, des filons N.-S. sont généralement stériles.

D'une façon générale, ces filons sont très verticaux ; les minerais se présentent à Linarès par zones (bolsadas) avec des intervalles stériles et, lorsqu'on s'enfonce, on a des alternatives de richesse et d'appauvrissement, en même temps que des parties élargies ou étroites. On a cru remarquer que les parties larges correspondaient, en même temps, à des parties riches et les parties étroites à des parties pauvres. M. de Mesa a essayé d'expliquer ce fait, — ainsi que la disposition noduleuse qu'on rencontre, au contraire, dans les filons larges et réguliers de la Carolina — par la circulation même des eaux thermales métallifères : suivant lui, ces eaux auraient eu, dans les parties étroites, une vitesse plus grande tandis que, dans les parties larges, elles auraient éprouvé un ralentissement avec diminution de température et, par suite, dans des terrains se prêtant à de larges ouvertures comme les

schistes friables qui encaissent souvent les filons de la Carolina, elles auraient produit un dépôt de sulfure métallique plus abondant; ce seraient, dans cette idée, les accumulations de débris qui auraient amené la précipitation par nodules.

Un fait assez curieux à noter, c'est la présence, fréquemment constatée dans les filons du pays, de minerais de cuivre, ayant été assez abondants aux affleurements pour motiver des exploitations anciennes et ayant absolument disparu en profondeur. Les minerais de cuivre, oxydes, carbonates, silicates, pyrites, étaient associés avec du carbonate de plomb, du fer hydroxydé et de l'argile ocreuse. A partir de 75 à 80 mètres, on n'a plus trouvé que de la galène, avec gangue d'abord de quartz et sidérose, puis, progressivement, de quartz seul. Cela s'est passé, par exemple, au filon 3 de Linarès. Au filon 4, au contraire, le cuivre existe, disséminé, sur toute la hauteur du remplissage.

Nous décrirons successivement : 1° les filons de Linarès sur lesquels sont toutes les principales exploitations ; 2° ceux de la Carolina.

**Filons de Linarès.** — Les *filons de Linarès*, presque toujours encaissés dans le granite, viennent affleurer, pour la plupart, sauf dans la partie Nord où ils sont recouverts d'un manteau de grès qu'ils ne traversent jamais. Ces affleurements, quand ils existent, se présentent sous forme d'un chapeau de quartz avec pyrite et mouches de carbonate de fer et de cuivre ; la galène en a disparu par métamorphisme secondaire. Leur direction générale est assez constamment E. 20° N. Ils sont très multipliés, souvent séparés par moins de 100 mètres de stérile et presque verticaux. Ils présentent des élargissements et des rétrécissements fréquents avec de nombreuses bifurcations.

La galène, très compacte, s'y présente par zones (bolsadas), correspondant aux élargissements des filons et aussi irrégulières qu'eux-mêmes. Le nombre et le volume de ces bolsadas ont parfois diminué en profondeur ; d'autres fois, comme à Arrayanes (la plus grande mine du district), à los Salidos, los Alamillos, los Angeles, ils sont restés constants.

Les galènes extraites, une fois préparées et marchandes, tien-

nent, en moyenne, 76 à 78 p. 100 de plomb avec 160 à 250 grammes d'argent à la tonne de minerai. Le minéral, nommé alcohol de hoja, est assez abondant; il contient jusqu'à 85 et 90 p. 100 de plomb, mais peu d'argent.

Les gangues sont des carbonates de plomb, du quartz, de la barytine, de la calcite, de l'argile, avec un peu de blende et de phosphate de plomb. Les carbonates de plomb, cuivre et fer, ne se trouvent que dans les parties superficielles.

Les failles sont assez nombreuses, généralement remplies d'argile ferrugineuse, avec un peu de quartz et de granite décomposé. Il existe, en outre, des filons croiseurs quartzeux.

Souvent on trouve des passages peu métallisés à des profondeurs variables, entre 100 et 150 mètres. Au-dessous, dans la région Sud, on retrouve la teneur normale, tandis que, dans la région Nord, les filons restent appauvris.

Le tableau ci-joint montre que la largeur varie de $0^{m},80$ à $1^{m},50$, dont 7 à 8 centimètres de minerai; la teneur brute peut osciller entre 12 et 90 p. 100 de plomb. Par la préparation mécanique, on arrive, comme nous l'avons vu, à 76 ou 78 et 160 à 250 grammes d'argent à la tonne.

| NUMÉRO d'ordre DES FILONS | DIRECTION moyenne | LONGUEUR RECONNUE en kilomètres | PLONGEMENTS Inclinaison en degrés | PUISSANCE MOYENNE en mètres | ÉPAISSEUR réduite en mètres | TENEUR des MINERAIS | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | PLOMB p. 100 | ARGENT en gr. par 100 kilos |
| 1 | NE-SO | 11 | 78 | 1,44 | 0,08 | 78 | 17 |
| 2 | NE-SO | 9 | 83 et 58 | 1,20 | 0,08 | 77 | 17 |
| 3 | NE-SO | 12 | 78 | 0,80 | 0,12 à 0,15 | 78 | 16 |
| 4 et 5 | NE-SO | 10 | 80 à 86 | 0,90 | 0,07 | 78 | 17 |
| 6 | NE-SO | 16 | 78 | 0,75 | 0,07 | 78 | 18 |
| 7 | NE-SO | 18 | 76 | 0,85 | 0,07 | 78 | 25 |
| 8 et 9 | NE-SO | 6 | 73 | 0,80 | 0,07 | 76 | 25 |
| 10 | NE-SO | 8 | 72 | 1,00 | 0,10 | 78 | 20 |
| 11, 12 et 13 | NE-SO | | (?) | (?) | (?) | (?) | (?) |
| 14 | S 15° E | (?) | 52 | 1,75 | 0,05 | 77 | 32 |
| 15 et 16 | NE-SO | 20 | 75 | 0,80 | 0,07 | 77 | 22 |
| 17 et 18 | NE-SO | 10 | 76 | 0,80 | 0,07 | 76 | (?) |
| 19 et 20 | E 20° N | 12 | 76 | 0,75 | 0,10 | 78 | 22 |
| 21 et 22 | NE-SO | 12 | 75 | 0,80 | 0,05 à 0,09 | 76 | (?) |
| 23 et 24 | | | | | | | |

Quelques détails maintenant sur ces divers filons que nous numéroterons du Sud au Nord, à partir de Linarès

Le *filon n° 1* s'exploite, sur 11 kilomètres de long, dans les

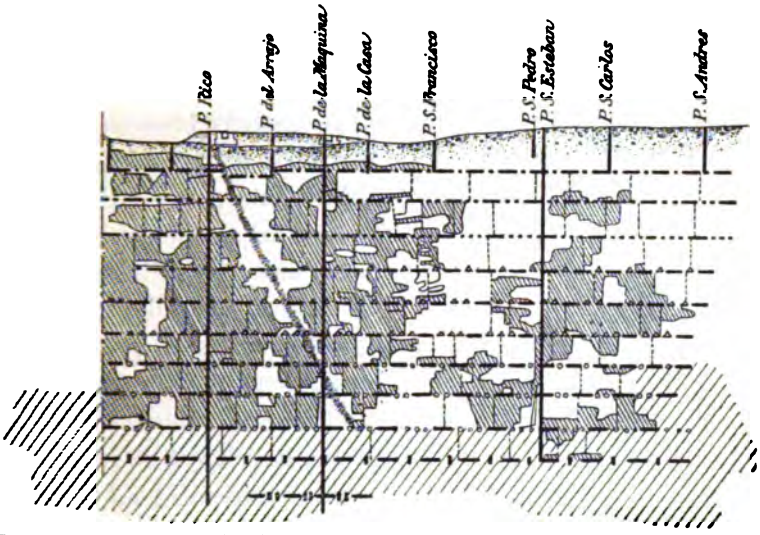
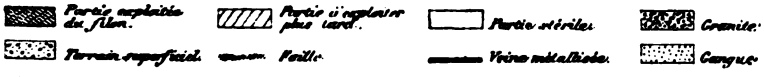



Fig. 289. — Coupe longitudinale du filon 1 de Linarès dans la mine San Miguel.

Echelle au $\frac{1}{7\,500}$.

Légende.




mines San Miguel, Nuestra Senora del Carmen, Coto la Luz et los Parazuelos à l'Est[1].

A l'Ouest (mine San Miguel), il est encaissé dans un granite à amphibole recouvert de 5 à 6 mètres de grès, considérés comme triasique, qu'il ne traverse pas. Il a été reconnu sur 290 mètres de profondeur, avec une puissance moyenne de 70 à 80 centimètres, et 0$^{m}$,10 d'épaisseur réduite ; les minerais y forment des *bolsadas* qui peuvent avoir 50 à 60 mètres de profondeur et 30 à 40 mètres de long ; le détail A de la figure 289 montre la forme de l'une d'elles et la figure 289

DÉTAIL A

(au $\frac{1}{5\,000}$)

DÉTAIL B

(au $\frac{1}{5\,000}$)

[1] On trouve, dans la *Revista miniera*, 1890, t. XLI, pl. II, un plan des innombrables concessions de Linarès.

la coupe générale du filon. En général, les épontes sont nettement distinctes du filon ; souvent le granite, au contact, est pourtant décomposé sur 5 à 6 mètres. On a rencontré quelques bifurcations : ainsi, du cinquième au huitième étage (détail B), il existe, entre les deux branches du filon, environ 8 mètres de granite.

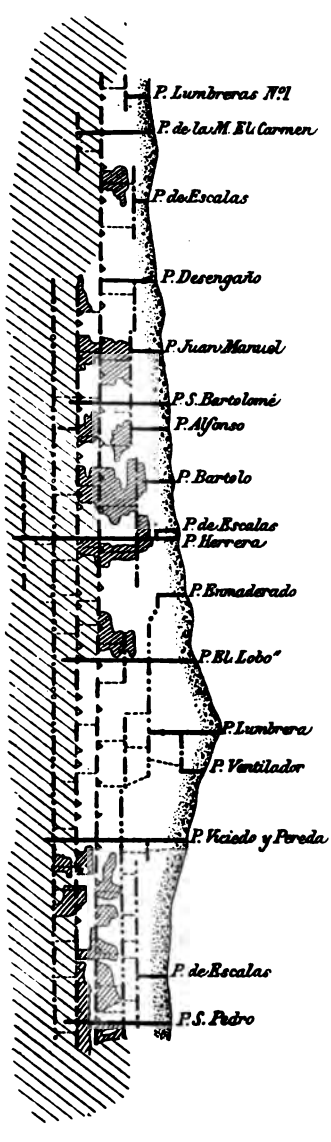



Fig. 290. — Coupe longitudinale du filon n° 1 dans le groupe minier de Nuestra Señora del Carmen. (Les figurés sont les mêmes que sur la figure 289.) (Echelle au $\frac{1}{7500}$.)

Au centre, à la mine Nuestra Senora del Carmen (fig. 290), le même filon, par suite de l'absence des grès superficiels, vient affleurer au jour et s'y présente sous forme de petites veines quartzeuses tout à fait stériles. En même temps, il s'élargit et sa puissance dépasse souvent 2 mètres ; mais la minéralisation y est très irrégulière et l'épaisseur réduite atteint à peine $0^m,07$, en sorte que les travaux sont beaucoup moins développés qu'à San Miguel.

Sur la concession suivante, de Coto la Luz (fig. 291), le filon, toujours dans le granite, est reconnu jusqu'à 193 mètres de profondeur. Il a une puissance moyenne de $1^m,50$, une métallisation moins lenticulaire et plus compacte, de façon que l'épaisseur réduite varie entre 8 et 10 centimètres. Dans cette mine comme dans les précédentes, on prétend avoir observé, en profondeur, une tendance à l'homogénéité plus grande de la venue de galène.

Enfin, à l'Est, dans les mines du groupe de los Parazuelos, le filon se poursuit, avec la même direction, jusqu'au contact

du granite et des schistes cambriens et pénètre dans ceux-ci en se bifurquant. L'épaisseur réduite ne paraît pas dépasser 4 à 5 centimètres. Ces mines en sont, d'ailleurs, à la période de recherches.

Le *filon n° 2*, très analogue au filon n° 1, est reconnu sur 9 kilomètres de long avec une direction générale N.-E. S.-O., des mines Socorro et San José à l'Ouest à celles de Coto la Luz à l'Est. Il est encaissé : dans le granite, à l'Ouest et au centre ; dans les schistes cambriens, à l'Est. Sa puissance moyenne est de $1^{m},20$, son épaisseur réduite de 7 à 8 centimètres. Son plus grand développement

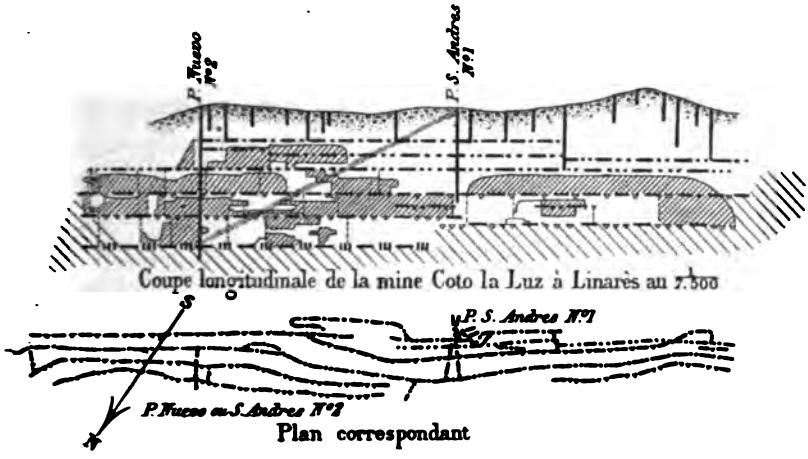



Fig. 291.

a été rencontré entre 100 et 150 mètres de la surface dans la région Ouest, entre 120 et 190 dans le reste.

Le minerai marchand tient 77 p. 100 de plomb et 170 grammes d'argent à la tonne.

Les gangues sont les mêmes qu'au filon 1, et le remplissage affecte la même forme lenticulaire.

Le *filon n° 3*, presque entièrement compris dans la *mine Arrayanès* qui appartient à l'Etat, est le plus riche et le plus important de la région de Linarès. Il a 12 kilomètres de long. Sa direction générale est N.-E. S.-O. et son plongement de 78 degrés au N.-O.

Il est, comme les précédents, compris dans un granite de dureté moyenne, recouvert par 6 à 7 mètres de grès qu'il ne recoupe pas.

Quoique les élargissements et les rétrécissements y soient fréquents, la puissance est relativement constante, environ 70 à 80 centimètres en moyenne et l'épaisseur réduite très forte, 12 à 15 centimètres de galène à 160 grammes d'argent. Cette galène se présente par lentilles de formes et de dimensions très irrégulières, mais avec une compacité plus grande que dans les filons 1 et 2.

Un certain nombre de failles viennent le recouper.

Les *filons 4 et 5* sont exploités sur les mines : Grupo la Tortilla (fig. 292), los Quinientos, Pozo Ancho et Grupo la Cruz, sur 10 kilomètres de long. Dirigés N.-E. S.-O., ils sont compris dans le granite recouvert de terrains gréseux. La puissance moyenne est de 90 centimètres, l'épaisseur réduite de 7 centimètres. Le filon n° 5, jusqu'à une centaine de mètres de profondeur, contenait des minerais de cuivre qui ont été anciennement exploités, et ce n'est qu'à ce niveau que les minerais de plomb ont décidément pris le dessus. Au contraire, le filon 4 ne contient de cuivre qu'à l'état accessoire et comme gangue, sur toute sa hauteur.

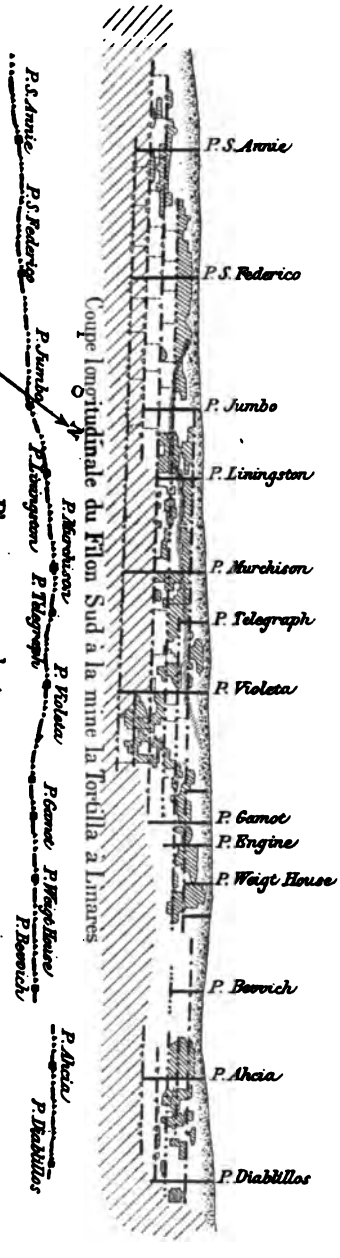



Fig. 292. — Coupe longitudinale et plan du filon le plus au Sud dans la mine de la Tortilla. (Echelle au $\frac{1}{15.000}$. (Figuré de la figure 289.)

On remarque, à travers ces filons, de nombreuses failles dont l'une (fig. 292) est presque horizontale.

Les *filons 6 et 7* se présentent sur les mines San Ildefonso, Grupo los Alamillos et mina los Alemanes. Le filon 7, dans sa région Ouest, sur la mine de los Salidos, présente une métallisation beaucoup plus constante que d'habitude et qui, du niveau de 25 mètres à celui de 230 mètres, peut, sauf une zone stérile, être évaluée à 10 centimètres[1].

Les *filons 8 et 9* se suivent à très peu de distance sur les mines : las Angustias, Esperanza y Berenguela, la Trinidad y Linarejos. Les *filons 10, 11 et 12* sont encore peu reconnus jusqu'ici.

Enfin le filon 14, situé dans les schistes cambriens du groupe de Valdeinferno, avec une direction à peu près perpendiculaire aux précédentes, présente cette particularité de comprendre, à côté d'un filon de galène à 320 grammes d'argent, un filon de baryline rosée de 30 à 40 centimètres avec des nodules d'argent natif.

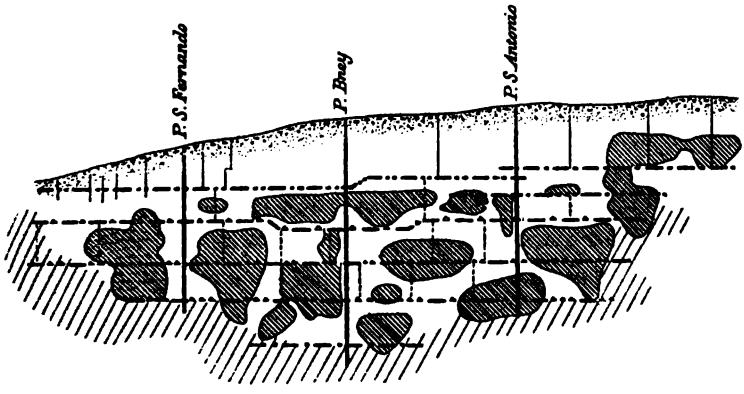



Fig. 293. — Coupe longitudinale au $\frac{1}{4.500}$ de la mine Santa Teresa.

Les *filons 15 à 24* font partie de la région Nord de Linarès, où les exploitations sont beaucoup moins riches et moins anciennes. Leurs caractères sont d'ailleurs les mêmes.

La figure 293 représente la coupe longitudinale de l'un d'eux, le filon 20 dans la mine de Santa Teresa, avec l'allure des bolsadas qu'on y a exploitées.

[1] Voir la coupe, fig. 1, pl. V, dans la *Revista Minera*, t. XLI, 1890.

2° **Filons de la Carolina.** — Le *groupe de la Carolina* est situé dans un pays très montagneux : ce qui rend les transports plus difficiles ; aussi les exploitations y sont-elles encore peu développées.

Les caractères ne sont pas absolument les mêmes qu'à Linarès.

On y retrouve, il est vrai, parfois, des filons exclusivement encaissés dans le granite (ainsi ceux de la région Est) ; mais tous ceux de la région Ouest sont dans les schistes cambriens, d'autres dans les schistes et les quartzites siluriens (ainsi dans la région de el Castillo) et leur allure s'en ressent nécessairement.

En outre, ils affleurent tous et se présentent à la surface sous forme de chapeaux de filon quartzeux.

Leurs directions appartiennent à quatre groupes : SE.-NO ; EO ; NE.-SO, — ceux-ci parallèles aux filons de Linarès — et enfin NS. Les deux premiers groupes sont les plus importants.

Le plongement est moins vertical et beaucoup plus irrégulier qu'à Linarès.

Les filons, en général très puissants, sont très ramifiés dans les schistes et présentent souvent, par endroits, des interstratifications apparentes dans ceux-ci, quoiqu'on les voie passer d'une roche à l'autre.

La disposition de la galène au milieu du remplissage est très irrégulière, avec une tendance au groupement noduleux.

Les gangues sont des carbonates de plomb, du quartz, de l'argile ferrugineuse, avec des fragments des chistes, granites ou quartzites. On rencontre un peu de pyrite, de blende, de calamine et de sulfure de nickel.

L'argent est particulièrement abondant aux extrémités du groupe filonien, au Centenillo et à Virgen del Pilar.

Les failles et dislocations sont très rares.

Un tableau ci-joint donne les renseignements généraux sur les filons de ces groupes. On y peut voir que la puissance moyenne est de $2^{m},20$, dont 0,05 à 0,07 de galène ; la richesse des minerais préparés et lavés étant 77 p. 100 de plomb, avec 460 grammes d'argent à la tonne.

| NOMS DES MINES | DIRECTION | ALTITUDES en mètres | LONGUEUR RECONNUE en kilomètres | PLONGEMENTS en mètres | PUISSANCE MOYENNE en mètres | ÉPAISSEUR RÉDUITE en mètres | TENEUR des MINERAIS | | ROCHE encaissante |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | Plomb p. 100 | argent en grammes aux 100 kg. | |
| Esperanza. . . . . | E 40° S | 627 | | 85 | 1,75 | 0,06 | 77,50 | 45,00 | Granite |
| San Fernando. . . . . | SE-NO | 678 | 3 | 82 | 1.25 | 0.07 | 77,50 | 42,50 | Id. |
| Trinidad y S. Manuel . | E 35° S | 600 | | 78 | 1,25 | 0,06 | 77,50 | 45,00 | Id. |
| San Gabriel. . . . . | E 40° S | 667 | (?) | 85 | 2,50 | 0,08 | 77,50 | 50,00 | Id. |
| Grupo Castillo. . . . . | S 38° E | 583 | 6 | 45 | 1,10 | 0,08 | 75,00 | 45,00 | Quartzite et granite |
| San Ignacio. . . . . | E-O | 526 | (?) | 50 | 2,00 | 0,06 | 76,00 | 37,50 | Schiste |
| Esperanza. . . . . | E 10° S | 543 | | 45 | 2,23 | 0,08 | 77,00 | 35,00 | Schiste et granite |
| Santa Paula. . . . . | E 40° N | 543 | 10 | 50 | 1,25 | 0,06 | 77,00 | 35,00 | Id. |
| La Reforma. . . . . | E-O | 493 | | 45 | 4 50 | 0,06 | 77,00 | 27,50 | Schiste |
| El Consuelo. . . . . | NE-SO | 543 | (?) | 50 | 5.00 | 0,10 | 76,00 | 50,00 | Schiste et quartzite |
| Maria del Pilar . . . . | E 10° S | 620 | (?) | 53 | 0.80 | 0,07 | 77,00 | 35,00 | Id. |
| Centenillo. . . . . | E-O y E 40° S | 697 | 12 | 50 | 1,25 | 0,06 | 77,00 | 45,00 | Id. |

Nous nous contenterons de quelques indications sur chacun de ces filons :

Filon 1. — Del Coto el Castillo. 6 kilomètres de longueur. Mines principales : Gilito, El Calvo, El Castillo, Garaña y Amistad :

Filon 2. — 3 kilomètres. — Mines San Fernando, Esperanza, Trinidad y San Manuel.

Filon 3. — 2 kilomètres. — Mine San Gabriel.

Filon 4. — 1 kilomètre. — Mine San Fernando.

Filon 5. — 3 kilomètres. — Mine San Toribio.

Filon 6. — 4 kilomètres. — Mine El Minor.

Filon 7. — 4 kilomètres. — Mine Santa Emilia.

Filons 8, 9, 10 et 11, — 20 kilomètres. — Mines A Una Otra, Abondante, El Lobo, Consolacion. — Mine principale : à Una Otra.

Filons 12 et 13. — 14 kilomètres. — Mines Abondante, El Cobo, la Jaula.

Filons 14, 15, 16, 17 et 18. — 16 kilomètres. — Mines San Ignacio, Santa Paula, la Reforma, etc.

Filons 19 et 20. — 2 kilomètres. — Mines Cristobal, Colon et San Lorenzo.

Filons 21 et 22. — 6 kilomètres. — Mines la Famosa, el Guindo.

Filons 23 et 24. — 3 kilomètres. — Mine El Consuelo.

Filons 26, 27, 28 et 29. — 12 kilomètres. — Mines El Grupo, El Centenillo.

**Résultats économique des l'exploitation.** — Au point de vue économique, quelques chiffres empruntés au Mémoire de M. de Mesa[1] permettront de se faire une idée des dépenses d'exploitation.

[1] On trouvera, dans ce mémoire (*Revista minera*, 1890), des renseignements détaillés sur le prix de revient.

*A.* FILONS EN ROCHE DURE DE MOYENNE PUISSANCE. — EXCAVATIONS DIVERSES

| | Par mètre courant | Par mètre cube | PRIX DE REVIENT DES EXCAVATIONS, rapporté à la tonne de minerai, pour une épaisseur réduite de : | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 0,10 | 0,08 | 0,06 | 0,04 |
| | Francs | | | | | |
| Puits principaux. . . | 250 | 26,51 | 2,64 | 3,52 | 4,62 | 6,82 |
| — secondaires . . | 150 | 30,00 | 5,50 | 7,04 | 9,24 | 14,08 |
| Galeries principales . | 75 | 31,25 | 6,82 | 8,14 | 11,44 | 10,56 |
| Traverses . . . . . | 125 | 32,50 | 6,16 | 7,70 | 10,34 | 14,30 |

Pour ce genre de filons, on évalue le *coût de l'abatage*, par mètre carré de filon, à 15 francs ; par mètre cube à 18 fr. 75 ; par tonne de minerai pour des épaisseurs réduites de :

| $0^m,10$ | $0^m,08$ | $0^m,06$ | $0^m,04$ |
|---|---|---|---|
| à 33 francs | 41,14 francs | 55 francs | 82,50 francs |

Quant aux dépenses résultant du boisage et du muraillement, en voici le résumé :

| | Par mètre carré de puits | Par mètre courant de galerie | PRIX PROPORTIONNEL PAR TONNE DE MINERAI pour une épaisseur réduite de : | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 0,10 | 0,08 | 0,06 | 0,04 |
| Boisages. . . . | » | 12 | 13,20 | 16,06 | 22,00 | 33,00 |
| Muraillement. . | 3 à 6 | 20 | 23,70 | 27,50 | 48,40 | 72,00 |

*B.* FILONS EN ROCHE DURE DE GRANDE PUISSANCE. — EXCAVATIONS DIVERSES

| | Par mètre courant | Par mètre cube | PAR TONNE DE MINERAI pour une épaisseur réduite de : | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 0,10 | 0,08 | 0,06 | 0,04 |
| | Fr. | | | | | |
| Puits principaux. . . | 250 | 26,51 | 2,64 | 3,52 | 4,60 | 6,82 |
| — secondaires . . | 150 | 30,00 | 5,50 | 7,04 | 9,24 | 14,08 |
| Galeries principales. | 55 | 21,80 | 2,86 | 3,30 | 3,74 | 7,70 |
| Traverses. . . . . | 125 | 32,60 | 6,16 | 7,70 | 10,34 | 14,30 |

Le coût de l'exploitation, par mètre carré de filon, est de 18 francs; par mètre cubique, de 22 fr. 50; par tonne, pour des épaisseurs réduites de :

| 0m,10 | 0m,08 | 0m,06 | 0m,04 |
|---|---|---|---|
| de 39,60 francs | 49,50 francs | 66 francs | 71,5 francs |

Les dépenses générales d'excavation diminuent peu et celles d'extraction augmentent beaucoup, comme on vient de le voir, pour les filons de grande puissance. De même, les boisages sont beaucoup plus chers par suite de la nécessité d'avoir des bois de plus grande dimension; les dépenses d'extraction augmentent également, ainsi que les transports à l'intérieur et à l'extérieur, par suite de la plus forte proportion de stérile au minerai.

Dans les roches tendres, les excavations sont nécessairement moins chères et les soutènements plus coûteux; sans insister davantage, nous résumerons les dépenses, détaillées ci-dessus, dans un tableau d'ensemble.

| MINES où l'extraction et l'épuisement sont faits par des machines à vapeur | | DÉPENSE moyenne par m³ de terres | DÉPENSE moyenne par m³ d'eau | DÉPENSE PAR TONNE DE MINERAI Pour des épaisseurs réduites de : | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 0,10 | 0,08 | 0,06 | 0,04 |
| Filons de puissance moyenne en roche dure (granite ou quartzite). . . . . | Excavations diverses. | 30,08 | » | 25,52 | 32,34 | 43,12 | 57,66 |
| | Abatage au filon . . | 18,75 | » | 33,00 | 41,14 | 55,00 | 82,50 |
| | Soutènem. (boisages) | 4,00 | » | 13,20 | 16,06 | 22,00 | 33,00 |
| | Extraction . . . . . | 1,60 | » | 4,62 | 7,26 | 11,12 | 14,74 |
| | Transports intérieurs et extérieurs . . . | 2,25 | » | 8,14 | 8,80 | 13,64 | 20,68 |
| | Épuisement. . . . . | 0,06 | 0,24 | 16,06 | 19,58 | 26,40 | 40,26 |
| | TOTAUX . . . . | 56,74 | 0,24 | 100,54 | 125,18 | 171,28 | 248,84 |
| Filons de grande puissance en roche dure (granite ou quartzite) . . | Excavations diverses. | 26,83 | » | 21,34 | 27,06 | 35,20 | 55,22 |
| | Abatage au filon . . | 22,50 | » | 39,60 | 49,50 | 66,00 | 71,50 |
| | Soutènement . . . . | 4,25 | » | 16,50 | 20,02 | 27,50 | 41,14 |
| | Extraction . . . . . | 1,74 | » | 5,06 | 7,48 | 11,44 | 17,16 |
| | Transports. . . . . | 2,35 | » | 8,36 | 9,02 | 14,30 | 21,12 |
| | Epuisement. . . . . | 0,06 | 0,24 | 16,06 | 19,58 | 26,40 | 40,26 |
| | TOTAUX . . . . | 57,73 | 0,24 | 106,92 | 132,66 | 180,8 4 | 246,40 |
| Filons de grande puissance en roche tendre (schistes) . . . . . | Excavations diverses. | 13,60 | » | 16,12 | 12,54 | 15,62 | 24,42 |
| | Abatage au filon . . | 11,25 | » | 19,80 | 24,64 | 33,00 | 49,50 |
| | Soutènement . . . . | 4,75 | » | 19,80 | 23,98 | 33,00 | 49,28 |
| | Extraction . . . . . | 1,75 | » | 5,50 | 7.92 | 12.10 | 19,36 |
| | Transports . . . . . | 2,45 | » | 8,80 | 10,34 | 14,52 | 17,38 |
| | Epuisement. . . . . | 0,06 | 0,24 | 16,06 | 19,58 | 26,40 | 40,26 |
| | TOTAUX. . . . . | 33,86 | 0,24 | 80,08 | 99,00 | 134,64 | 200,20 |

Ce tableau montre que le prix moyen, sur le carreau de la mine et sans concentration ni lavage, ressort :

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Pour une épaisseur réduite de | | 0,10 | à | 98,56 | la tonne. |
| — | — | 0,08 | à | 119,90 | — |
| — | — | 0,06 | à | 162,36 | — |
| — | — | 0,04 | à | 230,12 | — |

**Conditions dans lesquelles se font les achats de minerais de plomb à Linarès.** — D'habitude, le minerai une fois lavé et concentré, l'acquéreur fait une prise d'essai, détermine la teneur en plomb et, prenant pour point de départ la cote officielle du plomb à Londres, en déduit le prix du minerai par défalcation des frais de fusion et de transport du plomb à Londres, évalués en moyenne, par tonne de plomb, à 56,25.

Pour simplifier les opérations et permettre à l'exploitant de se faire rapidement une idée de la valeur de son minerai, on a adopté

me sorte d'étalon de 8 francs par quintal castillan de 46 kilogrammes pour les galènes à 75 p. 100 de plomb, le cours du métal à Londres étant de 325 francs (13 livres sterling); pour chaque livre sterling de variation dans le marché anglais, il suffit d'ajouter ou de retrancher 0,75 du prix du quintal.

Pour les carbonates, le cours est plus variable; on peut estimer, en moyenne, 3 fr. à 3 fr. 50 le quintal castillan à 45 p. 100 de plomb pour le même cours du plomb.

Deux tableaux ci-joints donnent : le premier (fig. 294), les variations du prix du plomb espagnol en Angleterre; le second, avec les variations du plomb à Londres en livres sterling empruntées au *Mining Journal*, les prix correspondants de la tonne et du quintal castillan de plomb dans les minerais de Linarès [1].

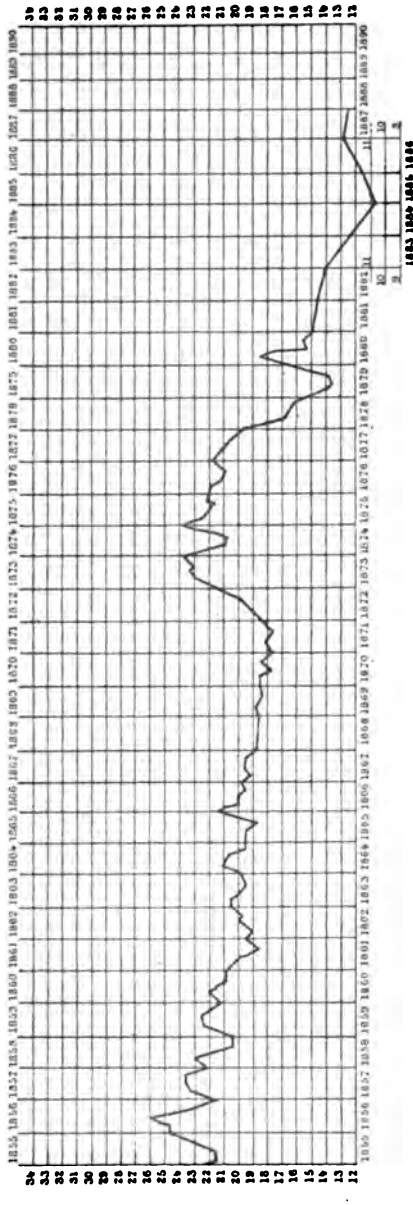


Fig. 294. — Diagramme du prix moyen du plomb espagnol en Angleterre de 1855 à 1888.

[1] Le prix du quintal castillan se déduit pratiquement du prix de la tonne en divisant par 22.

| ANNÉES | COURS DU PLOMB A LONDRES en livres sterling par tonne de 1 012 kilos. | COURS DE LA TONNE DE PLOMB, EN FRANCE à Linarès, Déduction faite des frais de fusion et de transport à Londres | PRIX du quintal de 46 kilos à Linarès. |
|---|---|---|---|
| | l. s. d. | | |
| 1868 | 18 — 11 — 8 | 408,30 | 18,559 |
| 1869 | 18 — 9 — 10 | 406,00 | 18,454 |
| 1870 | 18 — 1 — 4 | 395,40 | 17,972 |
| 1871 | 17 — 14 — 2 | 386,25 | 17,556 |
| 1872 | 19 — 14 — 7 | 436,75 | 18,852 |
| 1873 | 22 — 17 — 6 | 515,60 | 23,436 |
| 1874 | 21 — 19 — 8 | 493,30 | 22,513 |
| 1875 | 21 — 18 — 5 | 491,75 | 22,352 |
| 1876 | 21 — 3 — 7 | 473,20 | 21,509 |
| 1877 | 20 — 3 — 6 | 448,10 | 20,368 |
| 1878 | 16 — 8 — 7 | 354,45 | 16,202 |
| 1879 | 14 — 9 — 10 | 306,00 | 13,454 |
| 1880 | 16 — 0 — 0 | 343,75 | 15,625 |
| 1881 | 14 — 11 — 7 1/2 | 308,25 | 14,011 |
| 1882 | 14 — 0 — 4 | 294,15 | 13,370 |
| 1883 | 12 — 11 — 1 1/2 | 257,65 | 11,711 |
| 1884 | 10 — 18 — 8 | 217,05 | 9,866 |
| 1885 | 14 — 4 — 9 | 224,65 | 10,211 |
| 1886 | 12 — 19 — 6 | 265,60 | 12,072 |
| 1887 | 12 — 11 — 2 1/4 | 257,72 | 11,714 |
| 1888 | 14 — 3 — 2 | 297,75 | 13, 53 |
| 1889 | 12 — 16 | 263,75 | 11, 98 |
| 1890 | 12 — 12 | 263,75 | 11, 98 |
| 1891 | 12 | 243,75 | 11, 07 |
| 1892 | 13 — 13 — 3 | 286 | 13 |

En 1892, on cotait, à Linarès :

| | Janv. 1982. | Déc. 1892. |
|---|---|---|
| Sulfures de plomb. . par quintal de 46 kilos . . | 7,50 | 6 |
| Alcohol de Hoja . . — . . | 12 | 9,50 |
| Carbonates de plomb — . . | 5,25 | 2,50 |
| Plomb. . . . . — . . | 13 | 13, |

## *Bibliographie.*

1847. Paillette. — Sur les mines de plomb de l'Espagne. (*B. S. G.*, 2e, t. IV, p. 522.)

1857. Lan. — (*Ann. d. M.*, t. II, p. 623.)

1874. Boletin de la Comision del Mapa geologico de Espana, t. I, p. 273.

1878. Roche. — Mémoire inédit à l'école des Mines, n° 988.

1879. Groddeck, p. 239.

1879. Mapa geologico de Botella y de Hornos.

1880. Caron. — Der Bleierz District von Linares. (*Zeitschr.*. 1880, p. 119.)

* 1889 et 1890. Pedro de Mesa y Alvarés. — (*Revista minera*, nos 1269 à 1223.)

1883-1892. Estadistica minera de Espana.

# MINES DE PLOMB
## DES PROVINCES DE CIUDAL REAL ET DE BADAJOZ
### (L'HORCAJO[1], LA ROMANA, CASTUERA, ETC.)

**L'Horcajo.** — Les mines de galène argentifère de l'*Horcajo* sont situées dans la province de Ciudal Real, à 28 kilomètres de la station de Veritas, sur la ligne de Ciudad Real à Almorcho. Après avoir traversé une phase difficile vers 1872, elles sont aujourd'hui dans une situation très prospère, due surtout à une forte teneur en argent (500 grammes aux 100 kilogrammes de plomb) et à la concentration du minerai en veines dépourvues de baryte et de pyrite, nécessitant, par suite, peu de triage. Leur extraction annuelle s'est élevée à près de 70 000 tonnes[2]; elles occupent 1 500 ouvriers, dont 900 au jour. Les minerais, exportés, jusqu'en 1888, en totalité en Belgique par Cadix et Anvers, vont aujourd'hui, moitié à Carthagène, moitié à Namur.

Le gisement se compose d'un certain nombre de filons dirigés N. 75° E. et plongeant vers le Nord, qui traversent des schistes siluriens passant souvent aux quartzites, à inclinaisons variables mais toujours très fortes.

Deux de ces filons, Nuevo Peru (ou San Alberto) et Ana Maria, ont été seuls exploités jusqu'ici ; le premier est, de beaucoup, le plus important. Quelques croiseurs quartzeux, dirigés les uns $H_9$ (135°), les autres $H_2$ (30°), sont stériles, sauf à leurs intersections avec les filons métallifères qu'ils rejettent, et produisent même, dans ces filons, une zone pauvre d'une quinzaine de mètres de part et d'autre des croisements : ce qui ne peut guère s'expliquer que parce qu'ils leur auraient emprunté leur minerai.

Le filon Nuevo Péru, travaillé sur 1 200 mètres de long et 300 de profondeur, a une épaisseur totale de $0^m,30$ à $0^m,80$. Son remplissage est quartzeux; la baryte sulfatée ne s'y présente pas, non plus que la pyrite ou la blende ; la calcite est rare. La galène, très

[1] Coll. *Ecole des Mines*, 1651.

[2] En 1888, ces mines ont été comptées officiellement pour 5 200 tonnes.

argentifère et tenant, en moyenne, de 450 à 500 grammes d'argent aux 100 kilogrammes de plomb est, tantôt à grandes facettes, tantôt à grain fin. Elle forme une ou plusieurs veines continues, d'une épaisseur variant de quelques millimètres à 12 et même 15 centimètres : ce qui rend le triage très facile. Le plomb carbonaté et le plomb phosphaté y existaient en géodes jusqu'à une assez grande profondeur.

Comme dans la plupart des filons de plomb, on constate une certaine disposition en colonnes ou en lentilles. La plus belle de ces colonnes, rencontrée entre le puits Malacate et San Juan, a 225 mètres en direction à la surface, et s'est continuée au delà du huitième étage, où elle avait encore 160 mètres de long. L'épaisseur réduite moyenne était, au huitième étage, en 1875, de 3 centimètres 1/2 environ; 40 mètres, au delà, à l'Ouest, se trouve une autre colonne plus irrégulière de 200 mètres de long ; 100 mètres au delà, une troisième colonne peu riche de 80 mètres, et enfin, 150 mètres plus loin, une dernière colonne inexploitée.

Le filon Ana Maria a le même remplissage et la même allure.

La teneur en argent a subi une série de variations, comme le montre le tableau ci-joint :

| ANNÉES | QUANTITÉ VENDUE en tonnes. | TENEUR EN PLOMB | ARGENT Aux 100 kilos de plomb | MÉTALLISATION par mètre carré |
|---|---|---|---|---|
| 1866 | » | » | 592 | » |
| 1869 | » | » | 566 | » |
| 1870 | 851 | 68,11 | 596 | » |
| 1871 | 847 | 69,46 | 549 | 103 |
| 1872 | 1 068 | 67,60 | 541 | 148 |
| 1873 | 1 613 | 68,40 | 489 | 178 |
| 1874 | 2 113 | 65,20 | 533 | 149 |
| 1875 [1] | 1 695 | 67,64 | 525 | 144 |

On voit qu'on traverse, en profondeur comme en direction, des zones de richesse variable, sans qu'il y ait lieu de vouloir en déduire une loi générale.

[1] Les chiffres précis nous manquent pour la période suivante qui a été celle du grand développement de la mine ; mais, au point de vue théorique, ceux-ci suffisent pour donner une idée du gisement.

La province de Ciudad Real comprend encore, sur le versant de la Sierra Morena, un certain nombre de filons de galène, à *la Romana*, *Almagro*, etc... [1].

**La Romana, Almagro, etc...** — Le sol de la Sierra Morena, dans cette région, est formé presque exclusivement de schistes et quartzites rattachés au silurien ; près de Puertollano, on a trouvé, au-dessus, en discordance, un lambeau de terrain houiller. Les filons métallifères sont dirigés, en général, à 74° et recoupent, sous un angle assez fort, les schistes, dirigés eux-mêmes à 120°. A la Romana, il existe, au voisinage de leurs affleurements quartzeux, des amas considérables de scories antiques correspondant à des travaux carthaginois, puis romains ; on y a retrouvé des monnaies, des outils, des tas de minerai préparés pour la fusion, etc. Le remplissage des filons est formé de débris de schistes broyés cimentés par du quartz, parfois de la baryte sulfatée, de la galène, de la sidérose, un peu de pyrite de fer et de cuivre, accessoirement de la blende. La galène de la Romana est particulièrement riche en argent ; on y a trouvé jusqu'à 800 grammes d'argent aux 100 kilogrammes de plomb. En 1888, cette mine a produit, au minimum, 3 000 tonnes de galène sur 13 000 tonnes comptées officiellement pour la province de Ciudad Real.

**Castuera.** — A l'Ouest des mines de mercure d'Almaden et au bord du bassin houiller de Belmès, on exploite, dans le district de Badajoz, des filons de galène à *Castuera*. Il y a là, au milieu des quartzites et schistes siluriens, un champ de fractures important, où l'on retrouve également la trace de grands travaux antiques.

Les filons appartiennent à deux systèmes : les uns $H_8$ (120°), exploités à Minas Florès, contenant de la galène en grands cristaux très purs mais pauvres en argent (50 à 60 grammes aux 100 kilogrammes de plomb) ; les autres, $H_4$ (Gammonita et Tetuan), tenant de 200 à 700 grammes. Les filons $H_8$ sont remplis de débris de schistes broyés, cimentés par du quartz ; ils ne renferment ni pyrite, ni blende ; leur épaisseur varie de 0,30 à 0,80. Jusqu'à

[1] Extrait d'un rapport de M. Ledoux, 1876.

60 mètres de profondeur, la galène a été transformée en carbonate. Au-dessous, on la trouve en veines formant des colonnes riches, à peu près suivant la ligne de plus grande pente. La proportion des espaces stériles aux parties minéralisées est, en direction, de un tiers environ ; le rendement moyen du mètre carré de filon exploité est de 600 kilogrammes de minerai à 48 p. 100 (épaisseur réduite de 6 centimètres 1/2).

**Peñarroya**, etc. — Dans le premier trimestre de 1892, la province de Badajoz a produit officiellement 5 510 tonnes de minerai de plomb, venant surtout : 1 679 tonnes de la mine Triunfo a Azagua à la Société de *Peñarroya;* puis 888 tonnes de la mine Consecuencia de Berlanga à la C^ie^ de Aguilas. On peut, en outre, citer, parmi les groupes importants de la région : Minaflores y Alondra au baron de Eichthal. En 1888, la province de Badajoz est portée, sur la statistique espagnole, pour 22 000 tonnes de minerai de plomb. La même année, la *province de Cordoue* est comptée pour 20 000 tonnes de galène argentifère.

## GISEMENTS DE PLOMB, ZINC ET FER DE LA RÉGION DE CARTHAGÈNE[1]

La région de Carthagène présente une très grande variété de minerais (car on y exploite, à la fois, le plomb, le zinc et le fer) et une remarquable diversité de gisements : filons proprements dits, couches d'imprégnation dans des argiles sous forme de silicates plombifères, lentilles de blende disséminées dans des schistes, amas calaminaires, etc... Quelques-uns de ces gisements se rattachent directement à la catégorie des gîtes de substitution dans des calcaires, que nous étudierons au chapitre suivant ; pour certains autres, on peut même se demander si l'on n'a pas affaire à une formation sédimentaire contemporaine des terrains encaissants. Néanmoins la conclusion d'une étude, entreprise sur place par M. Fuchs, étant que tous ces gîtes divers ont une origine commune filonienne, modifiée seulement par la nature des terrains

[1] Coll. *École des Mines*, 1683.

rencontrés sur le trajet des eaux métallifères, nous ne les séparerons pas dans la description [1].

La province de Carthagène — et particulièrement la Sierra de Carthagène, à l'Ouest de la ville — forme un des centres les plus importants de métallurgie du plomb en Espagne, en même temps qu'elle a une production de fer considérable. Les mines de ce pays, exploitées jadis avec une grande activité par les Carthaginois et les Romains, ont été remises en valeur de 1842 à 1862. En 1842, il y avait, dans la Sierra, trois fourneaux donnant, par an, 162 mètres cubes de plomb; en 1862, il y en avait 75, donnant 174 784 mètres cubes et la production, dans l'intervalle, avait été de 2 880 103 mètres cubes de plomb, correspondant à 36 millions de minerai. A partir de ce moment, la production de plomb a décru pendant quelques années. En 1873, elle n'était plus que de un million de mètres cubes. Mais, à partir de 1877, on voit les chiffres se relever, non pas qu'on extraie plus de minerai de Carthagène, mais parce qu'on y importe des minerais d'autres districts, en particulier ceux de Linarès à gangue siliceuse qui, mélangés avec les minerais calcaires de Carthagène, donnent un excellent rendement. En 1878, il en arrivait déjà près de 350 000 mètres cubes.

En dehors du plomb, le fer et le zinc ont été extraits de ces mines en proportion croissante. En 1888, la province de Murcie (Carthagène, Mazarron) a produit, au minimum, 535 000 tonnes de minerai de fer, 140 000 tonnes de minerai de plomb, 49 000 tonnes de plomb métallique et 7 000 tonnes de minerai de zinc [2]. Les principales mines sont celles du Cabezo de Sancti-Espiritus, de Crisoleja, du Barranco del Francès, etc...

La Sierra de Carthagène, située à l'Ouest de la ville de Carthagène, le long de la mer, est formée de calcaires et de schistes, le calcaire formant surtout les sommets, tandis que les vallées sont creusées dans les schistes. Aucun fossile n'a été trouvé dans ces terrains, ce qui rend la détermination de leur âge assez difficile;

[1] Ces gisements ont été visités par M. Fuchs en mars 1876; nous empruntons la plus grande partie de leur description à ses notes.

[2] Ces chiffres sont empruntés à la statistique officielle et, par suite, très inférieurs, pour des raisons fiscales, aux chiffres réels.

quelques géologues les classent dans le permien, il est possible qu'ils soient plus anciens.

Les gisements de minerai se présentent sous un certain nombre de formes distinctes, en relation probable les unes avec les autres. Dans la partie Est de la sierra, au voisinage de la ville, on ne trouve que de petites poches (*bolsadas*), aujourd'hui toutes abandonnées; dans la partie Ouest, on a exploité longtemps des amas énormes, en général affleurant au jour, dits *crestones ;* actuellement ces crestones sont épuisés et l'on se borne, soit à des couches interstratifiées ou *capas*, avec poches de blende et calamine, soit à de véritables filons. Nous commencerons par décrire ces filons qui semblent avoir été l'origine des autres gisements.

Les filons de la région de Carthagène sont de deux types et de deux âges distincts qu'on a souvent confondus : les uns, les plus récents, formés de galènes très argentifères (tenant jusqu'à 6 kilogrammes d'argent à la tonne de plomb), dont nous citerons un exemple, en terminant, à Mazarron (Monte Rajado), à l'Ouest de Carthagène, recoupent les trachytes et sont certainement d'âge tertiaire [1]; les autres, peu argentifères (galène et blende), paraissant avoir produit les *capas* par épanchement et substitution, sont probablement plus anciens. Ceux-là n'apparaissent à l'état de filons qu'au milieu des schistes; dans les calcaires, leurs affleurements se perdent, comme si les eaux minéralisantes s'étaient répandues en profondeur dans les strates attaquables, qu'elles ont imprégnées et pseudomorphosées en minerai [2].

Quelques mots sur un de ces filons :

Les deux fosses *Carmen* et *Esperanza* se trouvent, dans le Barranco del Francès (ravin du Français) qui est un des centres les plus riches en minerai. Elles exploitent un même filon, dirigé à 15°, ayant un pendage Est, de 70 à 80°, et une épaisseur moyenne de $0^{m},70$ à 1 mètre. Le filon proprement dit ne commence qu'à une profondeur de 80 mètres au-dessous du sol; au-dessus, il était recouvert d'un grand amas (creston) de sidérose et galène.

[1] Von Cotta, d'après Fournet, et après lui, von Groddeck, attribuent à ces filons la formation métallifère générale.

[2] Peut-être aussi un phénomène de métamorphisme secondaire a-t-il, sous l'action des eaux superficielles, corrodé les calcaires au contact des sulfures métallifères (voir, page 369, la discussion relative aux calamines).

Les épontes sont assez nettement distinctes du remplissage, qui est formé de galène et blende, avec un peu de pyrite de fer et de pyrite de cuivre. Le quartz y est rare. Au toit, il existe, en général, une veine compacte de galène ayant 10 à 20 centimètres.

L'extraction de Carmen et d'Esperanza était, en 1878, d'environ 25 000 mètres cubes par an.

Passons maintenant aux gîtes interstratifiés ou *capas*. Nous allons rencontrer là de beaux exemples de phénomènes d'imprégnation dans les strates argileuses et de substitution dans les bancs calcaires, ces derniers comparables à ceux que nous étudierons en détail dans un chapitre suivant.

La coupe générale des terrains (fig. 295 à 297) est la suivante à Carthagène :

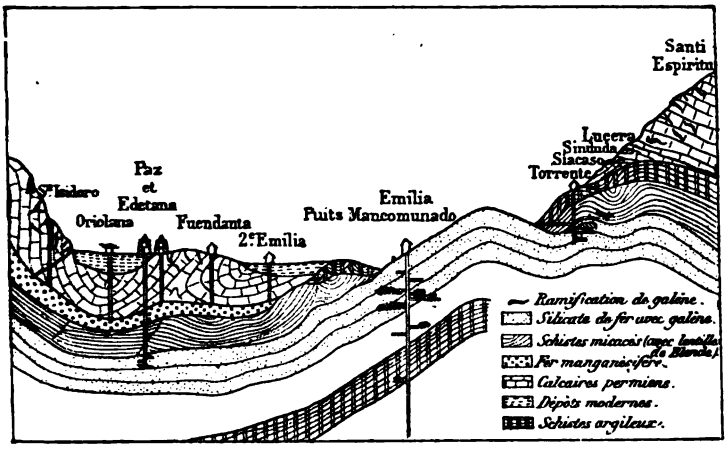



Fig. 295. — Coupe géologique du Barranco del Francès, à Carthagène.

A la partie inférieure, se trouvent des schistes argileux, peu quartzeux et assez tendres, contenant quelques lentilles de blende, mal étudiés d'ailleurs parce que leur minerai est sans valeur, et d'épaisseur inconnue.

Au-dessus, se présente une couche tout à fait caractéristique et spéciale à la région, celle dite des silicates, formée, dans son ensemble, d'un protosilicate de fer avec mouchetage de galène. La proportion de plomb, dans cette couche, s'élève d'une façon régulière à 8 ou 10 p. 100 : ce qui en fait un élément industriel de la

plus grande importance. Son épaisseur moyenne étant, en effet, d 10 mètres, on voit que chaque mètre carré de superficie corres pond à près d'un mètre cube de plomb, facile à extraire (puisqu'i

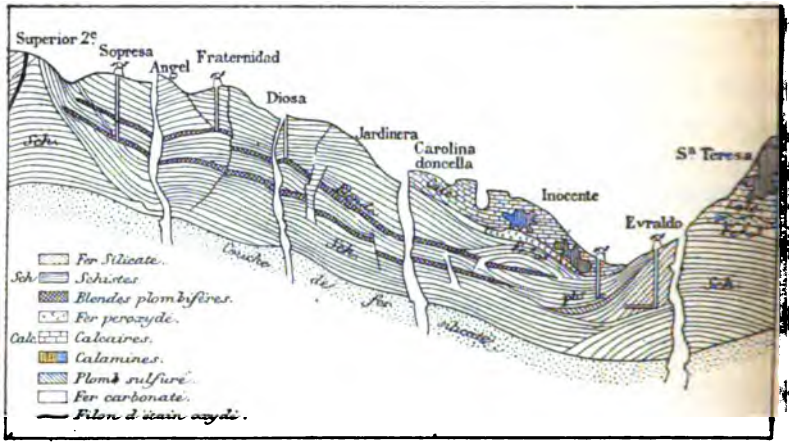



Fig. 296. — Coupe verticale de la Sierra de Abenque, à Carthagène.

s'agit d'un gisement stratifié, à faible profondeur) et facile aussi à laver par des moyens élémentaires.

Au point de vue géologique, on suppose que cette couche

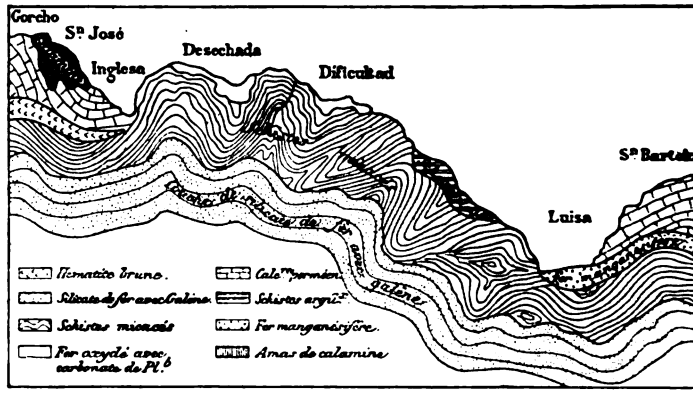



Fig. 297. — Coupe verticale de la Sierra de Porman, à Carthagène.

représente l'équivalent, métallisé par imprégnation postérieure, d'un banc argilo-gréseux rencontré, au même niveau, dans les autres parties du pays.

Au-dessus de la couche des silicates, viennent, de nouveau, des

schistes micacés, plus argileux que ceux du bas et renfermant une plus grande quantité de lentilles de blende. Leur épaisseur est d'une centaine de mètres. Ils sont recouverts par un calcaire très chargé de minerais.

A la base de ce calcaire, se trouve (fig. 295 et 296) une couche d'oxyde de fer manganésé très régulière, reposant elle-même sur une couche de carbonate de plomb argentifère, d'une hauteur d'à peu près $1^m,50$. Aux affleurements, ce fer forme des ocres où l'on a rencontré, le minerai de plomb ayant disparu, des parties d'argent natif [1].

En outre, il existe, dans ce calcaire, le long de fissures et à la base des minerais de fer, des amas de calamine, galène et sidérose.

Les *crestones*, autrefois exploités, étaient des masses de galène et sidérose, la sidérose formant une sorte de gangue, au milieu de laquelle la galène était, soit en grains cristallisés avec un peu de quartz, soit en noyaux. On peut se rendre compte de l'importance qu'avaient ces crestones, par ce fait qu'une des exploitations, dans un champ de moins de 70 000 mètres carrés, a, entre 1847 et 1861, produit un demi-million de tonnes de minerai. Ces crestones de galène et sidérose sont depuis longtemps épuisés et l'on a même retraité, à diverses reprises, par des procédés de plus en plus perfectionnés, les scories qui en étaient résultées ; mais on a exploité, récemment encore, de grands amas de calamine, autrefois négligés, puis devenus l'objet d'un enthousiasme exagéré : c'est ainsi qu'à 1 kilomètre au Sud-Est de la mine de Carmen, se trouvait une mine importante de calamine, dite de *Julio Cesar*, dont l'extraction annuelle est montée à 25 000 mètres cubes. Aujourd'hui, il ne reste que fort peu de calamine et l'on se rabat sur les gîtes de blende (Cabezo-Rajado, etc.).

En résumé, les minerais, traités aujourd'hui industriellement à Carthagène, sont : 1° fer, 2° galène, 3° blende et calamine.

*Pour le fer*, il y a lieu de distinguer. Le fer manganésé est surtout extrait, en raison de la facilité que présente son exploitation, le plus souvent à ciel ouvert, parfois souterrainement, par une série de petits puits, chacun abandonné à une famille de par-

[1] Comme à Huelgoat. Voir plus haut, page 505.

tisans (partidanos) qui travaille à l'entreprise (tant par tonne d plomb), loge sur le puits et ne descend guère au-dessous d'un vingtaine de mètres.

Le minerai manganésé valait, en 1877, 9 francs rendu à bord Carthagène ; le minerai non manganésé ou déprécié par le zinc es abandonné.

Le *fer plombeux*, qui forme, comme nous l'avons dit, la bas de la couche de fer, est exploité comme fondant pour les usines plomb. On le paye suivant sa teneur en plomb et les prix son relativement élevés, à peu près les mêmes que pour un minera enrichi, parce que celui-ci, en même temps que le plomb, apport le fer comme fondant.

Enfin la *couche des silicates* est, comme nous l'avons dit, un grande source de richesses en *plomb*.

Les usines à plomb se trouvent surtout à La Union et à Alumbre, dans la Sierra, elles sont fort petites ; enoutre, il existe, à Santa Lucia, près duport de Carthagène, une grande usine, celle de Figueroa.

*Au point de vue économique*, l'exploitation est très défectueuse. Il y a une infinité d'entreprises restreintes, sans ressources suffisantes et sans installations, qui gaspillent le minerai. Très peu d'exploitations, plus rationnelles et d'une certaine profondeur, ont réussi à se former.

En général, on travaille sans plan, au hasard et l'on ne fait aucun travail de recherche. Les sociétés, qui se sont fondées, ont été conduites, par suite des usages locaux, à céder le terrain par parcelles aux partidanos qui exploitent par piliers abandonnés sans boisage et font un simple triage à la main sans eau[1].

La *production* des principales mines du district de Carthagène a été, officiellement, la suivante en 1892 :

| MINERAI DE PLOMB | tonnes | MINERAI DE FER | tonnes | CALAMINE | tonnes |
|---|---|---|---|---|---|
| Suerte . . . . . | 20 000 | San Isidoro . . . | 20 000 | Los Burros . | 4 000 |
| Sebastopol . . . . . | 14 600 | Ya la hemos visto. | 18 000 | | |
| Esperanza. . . . . | 10 000 | Bienvenida. . . . | 15 300 | | |
| Segunda Esmeralda . | 9 000 | Usurpacion . . . | 15 000 | | |
| Rosario . . . . . | 8 000 | Venus. . . . . | 12 000 | | |
| Esparanga y demasia | 5 600 | Usurpada . . . . | 11 000 | | |

[1] Voir la bibliographie, page 558, à la suite de la description de Mazarron.

# FILONS DE GALÈNE ARGENTIFÈRE DE MAZARRON ET AGUILAS[1]

Le district de Mazarron, situé à l'Ouest de Carthagène, et celui d'Aguilas, qui le prolonge dans la direction de la Sierra Almagrera, renferment un certain nombre de mines de plomb et de fer.

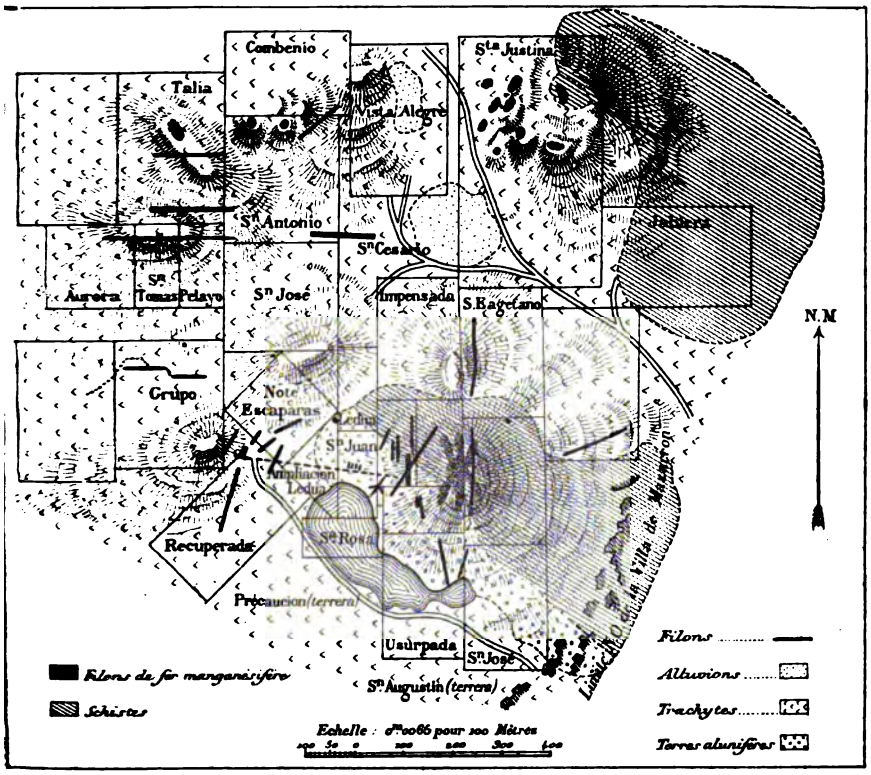



Fig. 298. — Plan topographique, géologique et minier de Mazarron.

Le sol est formé, à Mazarron, par des schistes argileux anciens, avec calcaires métamorphiques semblables à ceux de la Sierra de Carthagène, au milieu desquels émergent plusieurs pointements

[1] Extrait d'un rapport de M. Ledoux, Ing. en chef des Mines (1876).

trachytiques. Le massif de trachyte le plus important est celui de la Cabeza de San Cristobal, près Mazarron, où les Arabes ont exploité longtemps, sur une grande échelle, une terre alunifère. Ce massif est recoupé par de nombreux filons de galène argentifère constituant les concessions de Recuperada, Ledua, Impensada, Tubal, Ceserina, Grupo, Esperanza, Santa Ana, etc. D'autres filons semblables recoupent un autre pointement trachytique à 2 kilomètres à l'Ouest.

Les filons de San Cristobal affectent trois directions principales, 20° ($H_2$), 90° ($H_6$) et 150° ($H_{11}$). Ces derniers recoupent les autre- et ne sont métallisés que dans leur voisinage. Ces filons sont, en général, très irréguliers en direction comme en inclinaison (on ne peut guère les suivre sur plus de 400 mètres de long), mais atteignent jusqu'à 2 mètres de puissance (Grupo) et 7 mètres (Santa Ana). Leur puissance habituelle est de $0^m,60$ à $0^m,80$. On doit, peut-être, les considérer comme des fissures de retrait du trachyte.

De grands travaux anciens ont porté sur ces filons jusqu'à 60 à 80 mètres de profondeur ; on en a repris quelques-uns depuis 1870. A Recuperada, on a exploité un filon dont le remplissage est formé de trachyte décomposé, pyrite de fer et galène en veinules (épaisseur réduite, 7 à 8 centimètres).

La proportion d'argent moyenne des minerais de cette région expédiés à Escombrera était, en 1876, de 115 grammes d'argent aux 100 kilogrammes de plomb.

En 1892, le district de Mazarron, avec les C^ies^ de Aguilas, la Union, Orosco y Anglada, etc., a produit 88 520 tonnes de minerai de plomb.

La même année, on compte parmi les principales mines :

San Juan y Santa Ana, 25 000 tonnes; Impensada, 17 000; Talia, 16 000, etc.

*Bibliographie.*

1821. (*Revista minera*, t. I, p. 141.)
1842. Grüner. — (*Ann. d. M.*, t. I, p. 712; cf. *Leonh. Jahrb.*, 1843, p. 731.)
1843. Sauvage. — (*Ann. d. M.*, 4^e^, t. IV, p. 113.)
1846. Pernolet. — Mines et fonderies du midi de l'Espagne (Sierra Alma-

grera, Carthagène, etc...) (*Ann. d. M.*, 4e, t. IX, p. 35 et t. X, p. 253 ; cf. *Leonh. Jahrb.*, 1848, p. 359; et *Berg. u. H. Z.*, 1847, p. 193.)

1847. Paillette. Mines de plomb du Midi de l'Espagne. (*B. S. G.*, 2e, t, IV, p. 522.)

1852. Lasala, — (*Revista minera.* Madrid, t. III, p. 551.)

1856. Leonhard's Jahrbuch, p. 348.

1856. Herter. — Geologie von Cartagena. (*Zeits. d. d. geol. Ges.*, t. VI. p. 14, et *Jahrb. f. Min.*, 1856, p. 203.)

Botella. — Descripcion geologica minera de las provincias de Murcia y Albacete.

1857. Fournet. (C. R., t. XLIV, p. 1233.)

1857. de Verneuil et Collomb. — Itin. dans le Sud-Est de l'Espagne. (*B. S. G.*, t. XIII, p. 674.)

1861. Cotta, p. 444-682.

1861. Petitgaud. — Traitement des minerais à Carthagène. (*Revue universelle*, t. III, et extraits dans la *Berg. u. H. Z.*, 1863.)

1876. Fuchs. — Notes de voyage inédites.

1879. von Groddeck, p. 464.

1880. Caron. — Bericht über eine Instruction Reise nach Spanien. (*Zeitschrift. prussien*, p. 130.)

1892. D. F. Villasante y Gomez. — La industria de Mazarron (Carthagène.)

1892. — Sur les filons de Mazarron. (*Revista Minera*, nos 1393, 1395 et 1396.)

## GÎTES DE PLOMB D'ITALIE

En Italie, la production de minerais de plomb a été, en 1890, de 32 187 tonnes, venant presque exclusivement de la province d'Iglesias, en Sardaigne, (31 705 tonnes); puis du district de Milan (271 tonnes), de celui de Caltanisetta (106 tonnes) et de celui de Florence (101 tonnes).

Nous n'avons pas à revenir sur les gîtes de Sardaigne, déjà décrits au chapitre du *Zinc*[1]. Les gîtes du district de Milan sont ceux des Alpes, parmi lesquels nous citerons les filons des environs de Pallanza dans les schistes cristallins, ceux de la province de Côme (Brusimpiano, etc...), de Brescia, du val Trompia[2], etc... Dans la province de Côme, on connaît aussi des gîtes en

[1] Page 387.

[2] Voir plus haut, page 273.

mouches et amas dans les dolomies triasiques ; de même, à Auronzo (Belluno), etc.

En Toscane, outre les gîtes de Bottino, sur lequel nous reviendrons, on peut citer ceux de Gallena, de l'Argentière, de la Versilia, dans les schistes paléozoïques. Des filons de quartz métallifère apparaissent encore à Montieri, Serra-Bottini, Scabiano, etc... ; ces filons, très anciennement exploités, sont plutôt cuivreux que plombifères.

**Gîte de galène argentifère de Bottino (Toscane).** — On exploite, en Toscane, près de Seravezza, à Bottino, un gisement de galène argentifère avec sulfoantimoniures divers, qui porte la trace de travaux anciens, étrusques ou romains.

Ce gisement se compose d'un filon quartzeux dirigé N.-O. S.-E. avec pendage à 50° vers le S.-O., qui se divise en veines dans des schistes paléozoïques, situés au-dessous des marbres du Mont de la Côte. La gangue, outre le quartz, se compose de calcite, sidérose, chlorite, etc., et on y a rencontré, en outre, de l'albite, de l'apatite, etc... En première ligne, parmi les minerais métalliques, vient la galène, très riche en argent (0,32 à 0,56 p. 100 Ag) à laquelle sont associés divers sulfoantimoniures de plomb, comme la boulangérite, la ménéghinite, la jamesonite, etc.; de la blende et, en quelques points, de la pyrite, de la pyrrhotine, de la chalcopyrite (cette dernière fournissant une petite quantité de cuivre par cémentation). Tous ces minerais sont plus ou moins argentifères, sans l'être autant que la galène ; suivant les analyses de Bechi, ils donnent :

| | |
|---|---|
| Jamesonite . . . . . | 0,0010 Ag. |
| Boulangérite . . . . . | 0,0019 |
| Blende . . . . . | 0,002 |
| Pyrite . . . . . | 0,0005 |

Le minerai est éparpillé en veines d'épaisseur variable, au milieu de la gangue et y forme des colonnes. Il s'enrichit (d'après d'Achiardi) au voisinage d'une sorte de porphyre, que les mineurs appellent *quartzo nero*.

Les analyses suivantes ont été faites au laboratoire Hollway à Londres :

| ANALYSES DU MINERAI DE BOTTINO | MINERAI RICHE | LAVÉ | MOYEN |
|---|---|---|---|
| Pb | 39,05 | 39,90 | 11,75 |
| Zn | 9,17 | 9,65 | 8,51 |
| Cu | 2,07 | 1,80 | 0,50 |
| Ag | 0,093 | 0,104 | » |
| Cd | traces | traces | traces |
| Co | » | 0,43 | » |
| Bi | 0,20 | » | » |
| As, Sb | 2,40 | 2,50 | » |
| $SnO^2$ | 0,23 | 0,20 | » |
| Oxyde de fer | 11,75 | 16,30 | 13,95 |
| S | 14,14 | | |
| MgO | 1,61 | 19,02 | 17,57 |
| O dosé par différence | 2,36 | | |

La silice, provenant de la gangue, complète probablement les 100 parties de l'analyse.

La production en argent des mines de Bottino a été :

| 1860 | 1865 | 1870 | 1875 | 1879 |
|---|---|---|---|---|
| 878 kg,06 | 675 kg,74 | 518 kg,40 | 656 kg,24 | 452 kg,24 |

*Bibliographie.*

1868. Pellati. *Ind. Miner. Italia.*

1868. Blanchard. — Système d'exploit. de la mine du Bottino. (*Cuyper*, t. XXII, p. 54.)

1873. d'Achiardi. — *Min. Tosc.*, 2.

1876. Blanchard. — *Proc. verb. R. ac. Linei.* 6 *Fevr.*

1877. *Géol. Lombarde*, 2e part., p. 160.

1883. d'Achiardi. I metalli, etc... I, p. 158 et 239.

1887. Blanchard. — Les mines de plomb argentifère du Bottino, près de Serravezza (Toscane). (*Bull. Soc. Ind. min. de Saint-Etienne*, 3e série, t. I, p. 201.)

## GALÈNES ARGENTIFÈRES DE SIBÉRIE

L'argent produit par la Sibérie, qui, de 1867 à 1876, s'est élevé, en moyenne, à 13 150 kilogrammes, provient surtout de galènes argentifères associées avec quelques minéraux d'argent proprement dits :

On distingue quatre groupes : *Nertschinsk*, *Kolivan*, *Kirgis* et *le Caucase*.

Dans le groupe de *Nertschinsk*, district du lac Baïkal, on exploite des galènes, associées parfois avec des tellurures d'argent et de plomb, au milieu de calcaires et de schistes. Nous citerons la mine *Sarvodinskoï*.

Le groupe de Kolivan ou de l'*Altaï*[1] (gouvernement de Tomsk) est le plus célèbre et les exploitations y remontent à une époque ancienne. On en extrait, non seulement de l'argent et du plomb, mais aussi de l'or, du cuivre et du zinc. Le cuivre prédomine même dans certains gîtes.

Partout, d'après Cotta, on a affaire à des filons, très souvent à des filons-couches, présentant des ramifications ou prenant des formes irrégulières et de grandes puissances et passant ainsi à des amas filoniens. Ces filons se rencontrent surtout dans les roches siluriennes, dévoniennes et carbonifères, plus rarement dans les schistes cristallins, aux points où ces terrains sont traversés par des éruptions de granite, de microgranulite et de porphyre augitique; on a, en conséquence, supposé l'existence d'une relation entre les gîtes et les roches éruptives.

Le remplissage principal consiste en barytine, quartz et sulfures métalliques divers, transformés à l'affleurement, jusqu'à une grande profondeur, en minéraux oxydés qui ont été surtout l'objet des exploitations.

Le gîte le plus important de l'Altaï est celui de Zmeoff ou *Schlangenberg*, près de Smeinogorsk, reconnu sur 340 mètres de long avec des puissances de 2 à 100 mètres. On y a trouvé : or natif; argent natif, kérargyrite, argyrose, argent rouge; cuivre natif, cuivre gris, chalcosine, chalcopyrite; galène ; blende ; pyrite, etc. Les minerais sont dans une gangue barytique et quartzeuse, souvent en inclusions pulvérulentes assez fines pour donner à la masse entière une couleur grise. On peut citer, comme autres mines, Salais et Zyrianofsk.

Dans le *Turkestan*, la mine de *Karemazar*, au Nord de Chods-

[1] Voir description de l'Altaï par Tchihatcheff; von Cotta (B. u. H. Z., 1869 et de Altaï, Leipzig, 1871); *Journal des mines*, passim ; Groddeck p. 305; d'Achiardi, I, p. 178; Mouchketoff le Turkestan russe (1878).

chent, est située au contact de calcaires métamorphiques et d'une diorite.

## FILONS DE PLOMB AUX ÉTATS-UNIS

Les principaux gisements de plomb que nous aurons à étudier aux Etats-Unis, ceux de Leadville, Eureka, du Wisconsin, etc., sont encaissés dans des calcaires et rentrent dans la catégorie des gîtes où les phénomènes de substitution ont joué un rôle important; mais le type filons d'incrustation est également représenté et nous en citerons quelques exemples[1]. Il est d'ailleurs à noter que presque toutes ces mines de plomb argentifère des Etats-Unis, décrites ici, en raison de leur constitution minéralogique, au chapitre du *Plomb*, sont industriellement considérées comme des mines d'argent : en particulier, celles de Leadville, Eureka, Bingham, etc.

Dans l'Etat de New-York, on a extrait du plomb, depuis 1835, à *Rossie*, *comté de Saint-Lawrence*. Le principal filon, Coal Hill Vein, encaissé dans le terrain primitif, a de $0^m,60$ à 1 mètre de large; la galène est associée à de la calcite qui forme là des cristaux superbes, dont quelques-uns ont été recueillis dans les musées. L'exploitation a donné des résultats peu importants.

La mine de *Bingham*, *dans l'Utah*, qui a été étudiée successivement par M. Ochsénius, Chaper, etc., nous fournira également un bon type américain de filons de galène argentifère et aurifère à gangue quartzeuse (fig. 299). C'est encore une de ces mines qui, pratiquement, sont plutôt des mines de métaux précieux que de plomb, l'argent et l'or étant surtout fournis par les parties altérées superficielles.

Toute cette région de l'Utah comprend un grand nombre de gisements métallifères que les Mormons ont longtemps empêché de

[1] Voir Whitney : Metallic Wealth of the United States, p. 383. — Emmons : geol. report., p. 355.

mettre en valeur, de peur d'attirer une immigration des « gentils ». La construction du Pacific Railway a eu raison de cette opposition, d'abord violente, puis dissimulée; les mineurs sont accourus en foule et, en 1878 déjà, la production de métaux précieux dans l'Etat, atteignait six millions (contre 21 millions au Comstock).

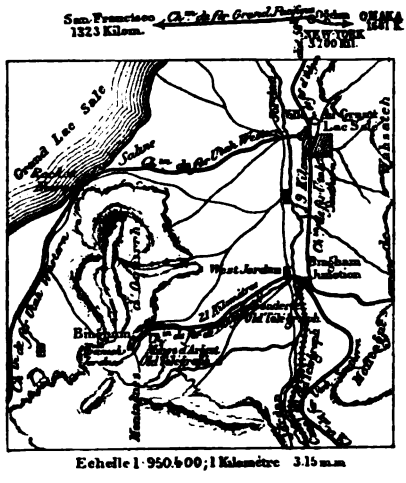



Fig. 299. — Carte de la région des mines de plomb argentifère de Bingham.

En 1881, la production de galène dans l'Utah a été estimée à 22 000 tonnes.

Les gisements se trouvent :

1° Dans la chaîne des Wahsatch (Big Cottonwood Canyon, Little Cottonwood Canyon, etc.); nous aurons à décrire, plus loin, un gîte de substitution situé dans ces montagnes, l'Emma Mine[1] sur le Little Cottonwood Creek, à 20 milles au Sud-Est du grand lac Salé;

2° Dans la chaîne d'O' Quirrh qui aboutit à l'extrémité Sud du lac Salé. C'est là que se trouve la mine de Old Telegraph ou mine de Bingham.

Cette chaîne d'O' Quirrh appartient aux couches paléozoïques, dont les roches n'apparaissent que rarement dans la région des Rocky Mountains.

La série complète comprend, aux monts d'O' Quirrh et aux monts Wahsatch, les termes suivants :

Permien. — Marnes et calcaires : 190 mètres.

Carbonifère. — Wahsatch Limestone : 2 000 mètres { Quartzite de Weber. / Calcaires.

Dévonien. — Quartzite d'Ogden avec conglomérats : 300 mètres.

Calcaire silurien (Utelimestone) : 300 mètres.

Schistes cambriens : 3 700 mètres.

[1] Page 624.

Dans la partie Nord de la chaîne d'O' Quirrh, où sont les mines, on rencontre seulement les deux termes du calcaire de Wahsatch, c'est-à-dire, à la base, un calcaire bleu et gris avec fossiles caractéristiques (Productus semi-reticulatus, P. nebrascensis, P. longispinus, Spirifer opimus, Sp. albapinensis, Sp. centronatus, Athyris subtilita, Orthis resupinata, etc.), et, au-dessus, les quartzites de Weber (houiller inférieur), généralement d'une couleur foncée, qui forment les épontes des filons de Bingham.

Au-dessus de ces quartzites, le calcaire du houiller supérieur apparaît seulement en quelques points isolés.

Le massif de l'O' Quirrh est recoupé par un certain nombre de ravins profonds où se trouvent diverses mines, échelonnées surtout sur le parcours d'un grand filon N. 70° E.

La première de ces mines est la *Revere Mine*, sur le Butterfield Canyon, affluent du Bingham Canyon; puis viennent l'importante mine d'Oldtelegraph, la Spanish mine et la Jordan mine.

Le Bingham Canyon aboutit à la petite ville de Bingham, située dans la gorge même et qui a donné son nom au groupe de mines.

Le gîte forme un filon-couche au milieu des quartzites houillers, dont les couches, très brisées du côté du toit, sont, au contraire, compactes au mur. Le pendage général est d'environ 40° au Sud-Est.

Ce filon paraît avoir un remplissage assez constant dans sa longueur et témoigne de diverses réouvertures successives. M. Ochsénius l'a comparé aux filons du Harz.

A Oldtelegraph mine, il s'appuie sur le flanc d'une voûte anticlinale : en sorte que, son toit s'étant trouvé enlevé par érosion sur une assez grande hauteur, il apparaît au jour dans les conditions d'exploitation les plus favorables.

Le remplissage est formé de sulfures : de galène principalement, puis de pyrite de fer, pyrite de cuivre et blende, les deux dernières en très faibles quantités ; la gangue, exclusivement siliceuse, ne paraît pas dépasser 50 p. 100 de la masse.

A la partie supérieure, il s'est produit un phénomène d'oxydation, qui a constitué d'abord un « chapeau de fer » (considéré par les mineurs comme une présomption de richesse); puis une zone

où le cuivre, le zinc et une partie du plomb ont été dissoutes, en sorte qu'il reste du chlorure d'argent dans une masse de carbonate, chlorophosphate et un peu de sulfate de plomb.

M. Ochsénius a remarqué que toute la région témoignait de mouvements d'affaissement très récents, qui ont dû jouer un rôle dans ces phénomènes d'altération et dont il est intéressant de dire quelques mots. C'est ainsi que le lac Salé, actuellement au niveau de 1287 mètres, s'est élevé antérieurement à 300 mètres plus haut ; les traces des eaux, très visibles sur les collines voisines, ont permis de voir qu'il y avait eu, entre les différents points de ses rivages anciens, évidemment horizontaux à l'origine, des dénivellations atteignant une quarantaine de mètres[1].

Il a pu et dû évidemment en résulter des mouvements correspondants, aussi bien des eaux intérieures que des eaux superficielles. Les eaux du lac Salé, agissant directement sur le chapeau du filon, y ont développé des chlorures. On pense même que le changement de volume, qui se sera produit dans le filon, a pu être la cause d'affaissements du toit et, par suite, de la friabilité extrême de ce toit opposée à la résistance des quartzites du mur.

Les analyses de divers points de ce filon ont donné les résultats suivants :

Le chapeau de fer, d'après les essais à la mine, contiendrait 16 onces (de 31 grammes) d'argent et 26 à 52 francs d'or à la tonne.

Dans la partie en exploitation vers 1880, la galène formait, par rapport aux chlorures et aux phosphates, le quart de la masse ; sa proportion augmentait, tant, suivant l'inclinaison du filon, que, dans le filon même, du toit au mur.

Dans cette galène, on a rencontré jusqu'à 70 p. 100 de plomb et 0, 122 p. 100 d'argent (40 onces). La pyrite, également plus abondante au mur qu'au toit, est souvent associée aux portions quartzeuses. Dans les parties oxydées, on a trouvé des compositions telles que les suivantes :

[1] Powell. (*Americ. journ.*, mai 1878.)

| | OXYDE DE FER argentifère contenant l'argent en chlorure | MINERAIS de plomb oxydés contenant l'argent en chlorure | MINERAI de carbonate et chlorophosphate de plomb non ferrugineux (avec chlorure d'argent) |
|---|---|---|---|
| Soufre | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Cuivre | 47,00 | 23,00 | 0,00 |
| Fer oxydé | 170,00 | 260,00 | 0.00 |
| Plomb | 0.00 | 260,00 | 346,00 |
| Argent | 4,20 : valeur 677,42 | 2,360 . valeur 380,64 | 0,870 : valeur 140,32 |
| Or | 0,038 — 96,77 | 0,036 — 116,12 | 0,005 — 16,13 |
| | 774,19 | 496,76 | 156,45 |

Les minerais sont classés à la mine en trois catégories :

1° Minerais ayant moins de 12 p. 100 de plomb.
2° — de 12 à 30 p. 100 de plomb.
3° Minerais ayant au-dessus de 30 p. 100.

En 1877, les mines d'Oldtelegraph ont produit 11 000 tonnes de plomb, soit le 1/8 de la production totale des Etats-Unis.

*Bibliographie*

1879. Ochsenius. Rapport principal et rapport supplémentaire.
1879. Chaper. Rapport sur les mines d'argent de Bingham (Utah).

**Colorado**[1]. — Le Colorado, où se trouve l'important district de Leadville[2], comprend également quelques types filoniens de galène argentifère à gangue quartzeuse, avec minéraux d'argent proprement dits exceptionnels; ce sont ceux du comté de Clear-Creek, découverts en 1859, exploités depuis 1866.

Ces filons forment deux groupes, l'un sur les monts *Sherman*, *Brown* et *Republican*, l'autre sur le mont *Leavenworth*.

Le minerai se compose de galène, blende, pyrite de cuivre et de fer argentifère; les sulfures et sulfosels d'argent sont rares; la

[1] 1884. Lavelaye. Le plomb aux États-Unis. (Cuyper, t. V, p. 560.)
[2] Voir plus loin, page 636.

gangue est quartzeuse ou quartzo-feldspathique; les salbandes sont argileuses; la roche encaissante est du gneiss et du granite. La production de ces mines, en 1876, a été de 9 186 936 francs.

Le minerai est divisé en quatre qualités :

| | | |
|---|---|---|
| 1re | plus | de 0,0085 d'Ag. |
| 2e | — | de 0,0085 à 0,0051 |
| 3e | — | de 0,0051 à 0,0026 |
| 4e | — | de 0,0025 à 0,0003 |

Le Colorado possède encore des mines dans les comtés de *Park*, *Fremont*, *Summit* et, dans le pays de *San-Juan* près de *Silverton*, *Mineral-City*, *Lake-City*, etc., au milieu de roches cristallines ou trachytiques.

Enfin, en allant au Nord, il faut citer les importants gisements de *Red-Cloud*, *Malvina*, *American* et autres, les tellurures du comté de *Boulder*, et les mines du district de *Caribon*, au S.-O. de ce dernier comté.

## CHAMPS DE FILONS D'ALLEMAGNE ET D'AUTRICHE

L'Allemagne et l'Autriche sont, pour les champs de filon complexes, où la galène joue, en général, un rôle prépondérant et que nous étudierons, par suite, à l'occasion du plomb, des régions absolument classiques; nous nous étendrons donc avec quelque développement : d'abord, sur les filons assez simples de Bohême (Przibram et Mies), puis, sur ceux du Harz, plus complexes; enfin, sur les champs de fractures compliqués de la Saxe et de la Bohême Septentrionale (Freiberg, Marienberg, Annaberg, Schneeberg, Joachimsthal, etc.).

Les observations, très minutieuses et longtemps prolongées, qu'on a faites dans ces mines anciennes sur les relations entre la direction des fractures, leur remplissage et leur âge présumé, peuvent n'avoir souvent qu'une importance locale au lieu de l'importance générale qu'on était jadis tenté de leur attribuer; elles n'en sont pas moins très intéressantes à connaître.

Il semble, d'ailleurs, qu'on puisse en conclure, tout au moins, l'existence, dans ces régions, de quelques grandes venues métalli-

fères successives : quartz stannifère; quartz et galène; barytine et galène; calcite et galène; minéraux de cobalt, nickel, bismuth, urane et argent; venues qui, à coup sûr, n'existent pas toujours toutes réunies dans chaque gisement, — si ce n'est, peut-être, dans le champ de filons le plus complet, celui de Freiberg — mais qui, là où elles se présentent, suivent, à peu près partout, le même ordre.

L'étude de ces filons met bien en évidence la multiplicité et la longue durée des phénomènes mécaniques auxquels ont été soumis les pays de plissements anciens, tels que la chaîne Hercynienne en Europe, plissements pour la détermination desquels la connaissance de la géologie complète du pays est nécessaire.

Il y a eu là, sans doute, un certain nombre de phases distinctes, séparées par des périodes de repos, et correspondant chacune à une formation rocheuse indépendante, dont une formation métallifère était connexe; mais, en outre, chacune de ces phases même s'est prolongée pendant un temps très long, comme le prouvent les cassures contemporaines du remplissage, les fragments bréchoïdes d'une première gangue cristallisée empâtés dans une seconde, etc...

Enfin, nous aurons à signaler certaines observations relatives à l'influence des roches encaissantes, tant sur l'allure de la fracture que sur la nature du remplissage.

## FILONS DE PRZIBRAM ET DE MIES (BOHÊME)[1]

La Bohême est constituée par de hauts plateaux, dont l'altitude moyenne est de 500 mètres au-dessus du niveau de la mer. Au centre de ce plateau, les terrains siluriens forment un vaste triangle, dans lequel Prague est enclavé. Ce triangle est limité : au S.-E., par un massif de granite, au voisinage duquel se trouve Przibram; au N.-O., par des schistes où sont enclavés les filons de Mies.

**Przibram.** — Przibram, situé à 42 kilomètres de Prague, est,

[1] Coll. *École des Mines*. Voir la carte en couleurs de l'Allemagne centrale, pl. II. Pour les descriptions des filons de Przibram et de Freiberg, nous avons largement puisé dans deux beaux mémoires de MM. Michel Lévy et Choulette (1869 et 1870).

depuis le XIV[e] siècle, célèbre par ses mines de galène argentifère, et l'on trouve, dans toutes les parties de la contrée, les traces des anciens travaux, vieilles haldes, puits effondrés, etc. Une exploita-

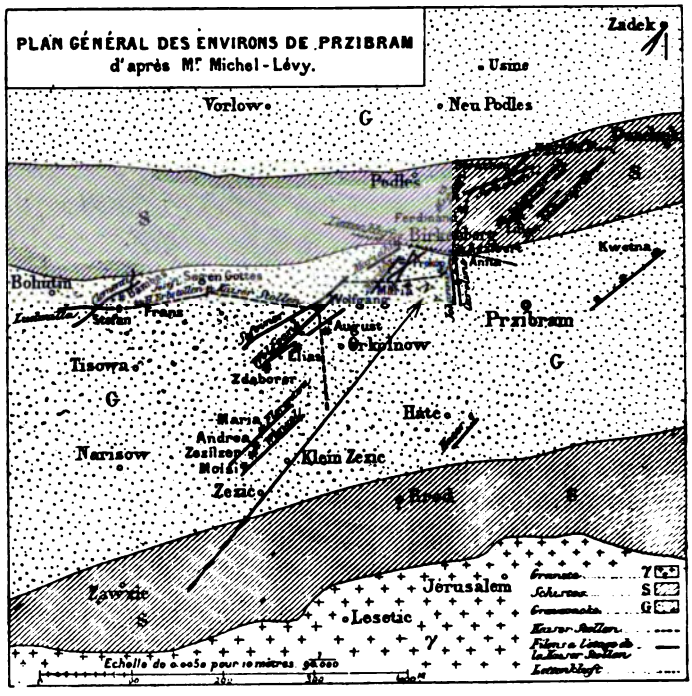



Fig. 300.

tion presque continue et qui n'a guère cessé de se développer a produit, de 1736 à 1874, 555 tonnes d'argent, 15 800 tonnes de plomb et 58 355 tonnes de litharge, représentant une valeur brute de 32 millions de francs et ayant donné un bénéfice net (mines et usine) de 12 millions. De 1868 à 1877, le rendement moyen annuel a été de 18 965 kilogrammes d'argent (27 015 en 1877).

En 1882, on a extrait 250 000 tonnes ayant donné :

1° Par simple scheidage : *a.* 2968 tonnes de minerai tenant 10 770 kilogrammes d'argent, et 1657 tonnes de plomb; *b.* 3 250 tonnes de sidérose et calcite;

2° Par préparation mécanique : 8 703 tonnes de minerai tenant 20 881 kilogrammes d'argent et 3 369 tonnes de plomb;

Soit une valeur totale de 6 200 000 francs.

En 1891, on a obtenu 321 900 tonnes de minerai brut, ou 14 500 tonnes de minerai trié, ayant produit 4 328 tonnes de plomb et 36 211 kilogrammes d'argent.

Par un phénomène intéressant, c'est dans ces dernières années et à la profondeur la plus grande que la mine a donné les minerais les plus riches.

Actuellement, l'exploitation est divisée en quatre districts : 1° Anna Procope (887 mètres de profondeur); 2° Adalbert Maria (puits Adalbert : 1 020 mètres de profondeur en 1884[1]; puits Marie : 1 031 mètres); 3° Dikolnov Bohutin; 4° puits Lill (Lillschacht). Les puits Adalbert et Maria, qui approchent aujourd'hui de 1 200 mètres, doivent être approfondis un jour jusqu'à 1 400.

Le personnel ouvrier comprend (1891) 5 239 ouvriers à la mine, 479 à l'usine.

Une coupe théorique N.-S. de la contrée donnerait, en partant du granite au Sud-Est (voir la fig. 300):

1° Une zone de schistes I pénétrés, en plusieurs points, par le granite; 2° une région de grauwackes I, sur le bord septentrional de laquelle est situé Przibram; 3° une deuxième zone de schistes II et 4° une deuxième série de grauwackes II.

Ces différentes assises constituent un plateau sillonné par des vallées répondant aux alternances géologiques que nous venons de signaler, les schistes formant le fond des vallées, le granite et la grauwacke les hauteurs.

Les filons métallifères traversent ces différentes formations, à l'exception du granite. On rencontre, du Nord au Sud (fig. 300) :

1° Dans la grauwacke II, les recherches de Zadek;

2° Dans les schistes II, les districts de Lill, de Ferdinand et de Strachen;

3° Dans la grauwacke II, les districts d'*Anna Prokopi* et de *Maria Adalberti* à Birkenberg, où se concentre le principal effort de l'exploitation; ceux de Franz Joseph, de Segen Gottes, de Litawka;

4° Dans les schistes I, les recherches Leopoldi Stollen.

C'est à Birkenberg que se trouvent les travaux célèbres, con-

[1] Le puits Adalbert, commencé en 1779, a atteint 500 mètres en 1845, 800 mètres en 1869, 1000 en 1875; il était, à ce moment, le plus profond du monde.

centrés dans un espace qui n'occupe pas, en plan, beaucoup plus de 1 kilomètre carré mais descendant à une profondeur qui dépasse aujourd'hui 1 100 mètres.

Là, sur le filon Adalbert, on a constaté, après un appauvrissement assez long, un enrichissement qui s'est produit vers 650 mètres de profondeur.

Vers le Sud, les mêmes filons se prolongent du côté d'Orkolnow, au puits Auguste (foncé en 1836); les travaux y sont descendus jusqu'à 425 mètres, dans les filons Maria, Wolfgang, etc., mais sont peu développés.

A l'Ouest, la mine de Segengottes (270 mètres de profondeur) exploite le Segengottes Hauptgang, $H_1$, de 1 mètre d'épaisseur (calcite, blende, galène, fahlerz, etc.) et le Nord-Westgang. Un peu plus loin, la mine Bohutin exploite le Clementigang, $H_2$, jusqu'à 431 mètres de profondeur. Enfin, à Zézic, Haté, etc..., on a extrait des minerais de fer, aujourd'hui abandonnés. D'une façon générale, ces filons ferrugineux suivaient des grünsteins : on les a envisagés souvent comme des chapeaux de fer d'affleurement sur des filons plombeux ; mais on y est descendu jusqu'à 300 mètres de profondeur, sans que cette hypothèse se soit trouvée vérifiée.

Si l'on examine un peu les formations géologiques de Przibram, on s'aperçoit qu'elles ont été soumises à un plissement énergique et que, probablement, les schistes I et II appartiennent à un même étage, de même que les grauwackes I et II. Les schistes II, près de Birkenberg, sont compris entre deux glissements plongeant vers le Nord et assez particuliers, car ils suivent, non seulement la direction, mais le plongement des couches. Ces glissements disloquent nettement le remplissage des filons métallifères.

Comme roches éruptives, on rencontre, en grande abondance, des dykes et filons de diorite et grünstein (diabase), particulièrement dans la grauwacke I. Ces grünsteins ont été considérés comme en relation intime avec la venue métallifère, qui semble avoir incrusté les fissures produites par le retrait de la roche, soit dans sa masse même, soit dans son voisinage. Cependant il existe de nombreux exemples de grünsteins dont les fissures sont uniquement tapissées de calcite et de filons sans grünstein. On trouve, en outre, quelques filons de kersanton.

Les filons de Przibram sont très multipliés et de directions très variables. Le remplissage riche y a, par places, suivi les chemins les plus capricieux. Mais on ne peut, comme nous le ferons à Freiberg et comme nous l'avons fait à Vialas, en France, établir de distinction entre le remplissage des divers filons : la venue sulfurée se rencontre également dans tous ; dans le détail, il semble, d'ailleurs, très aventuré de vouloir établir une loi théorique pour des phénomènes soumis à toute l'irrégularité des actions naturelles complexes. Le fait le plus nettement mis en évidence par l'inspection de la carte géologique, c'est l'existence d'un faisceau à peu près Nord Sud plus ou moins ramifié. La coupe verticale des filons du district Maria Alberti (fig. 301) montre cette disposition en un point particulier.

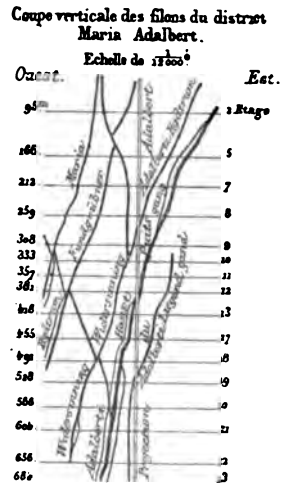



Fig. 301. — Coupe verticale à Przibram (d'après M. Michel Lévy).

*Au point de vue du remplissage*, les filons de Przibram présentent nettement le type concrétionné avec zones successives parallèles aux salbandes. Comme nous venons de le dire, on est en présence d'une venue sulfurée à peu près unique et, en tout cas, la seule métallifère, à laquelle ont seulement succédé, en quelques endroits, des réouvertures, d'abord barytiques, puis calcaires : ordre qui est, en résumé, celui de Freiberg.

La venue sulfurée comprend généralement : 1° sur les salbandes, la blende ; 2° la galène ; 3° le quartz ; 4° le fer carbonaté ; mais, souvent, le quartz est mélangé, d'une manière intime, avec les sulfures métallifères et la sidérose alterne, en plusieurs zones, avec la galène. On conçoit, du reste, que des dépôts d'incrustation de sources thermominérales ne peuvent avoir été soumis à une régularité absolue.

La galène est remarquablement antimoniale et argentifère[1] ; la blende contient de l'argent.

[1] On trouve, assez fréquemment, de la boulangérite, de la jamesonite et de la bournonite.

Puis il s'est reproduit une dislocation, de direction $H_{9\text{-}10}$, qui a donné passage à la venue barytique et une seconde réouverture à laquelle a succédé la calcite. Celle-ci englobe fréquemment des blocs à angle aigu du remplissage précédent. Il semble que cette chaux ait été, en grande partie, empruntée aux grünsteins qui encaissent souvent les filons.

Pendant ce remplissage secondaire, il y a eu remaniement par dissolution du premier dépôt de sulfures et formation d'une zone discontinue de galène secondaire où l'argent s'est concentré, soit à l'état natif, soit à l'état d'antimonio-sulfures complexes.

Si l'on recherche la loi de variation de la richesse avec l'approfondissement des travaux, on a, de 1783 à 1857, le tableau ci-joint :

| ANNÉES | PUITS ADALBERT | | PUITS ANNA | | TENEUR A LA TONNE des minerais triés arrivant à l'usine | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Étage | Profondeur en mètres | Étage | Profondeur en mètres | Plomb | Argent |
| | | | | | Kg. | Gr. |
| 1783 | 5 | 147,2 | » | » | 200 | 620 |
| | | | 5 | 146,8 | | |
| 1798 | 8 | » | 7 | 178,5 | 350 | 1 410 |
| | | | 8 | 195,9 | | |
| 1818 | 9 | 288,1 | 11 | 251,8 | 475 | 2 190 |
| 1823 | 11 | » | 13 | 300 | 425 | 2 110 |
| 1838 | 17 | 435,10 | 17 | 427,10 | 365 | 2 430 |
| 1848 | 20 | 583,90 | 19 | 497,80 | 430 | 2 510 |
| 1857 | 23 | 664,3 | 21 | 578,20 | 405 | 2 740 |

De 1875 à 1892, on a obtenu les résultats d'analyse suivants, entre 850 et 1100 mètres, pour les galènes de Przibram :

| ADALBERT GANG | | | EUSEBI GANG | | | CLEMENTI GANG | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Étage. | Pb p. 100. | Ag p. 100. | Étage. | Pb p. 100, | Ag p 100. | Étage. | Pb p. 100. | Ag p. 100. |
| 22e | 76 | 0,410 | 18e | 68,50 | 0,300 | 2e | 65 | 0,250 |
| 28e | 80 | 0,530 | 22e | 73 | 0,330 | 7e | 73 | 0,150 |
| 30e | 77 | 0,420 | 26e | 80,50 | 0,474 | 11e | 60 | 0,043 |
| 31e | 81 | 0,530 | | | | 17e | 83 | 0,263 |

Quant à l'influence des roches encaissantes, elle semble purement mécanique, les roches trop dures ou trop tendres se prêtant mal à l'ouverture des fentes notables.

Comme minéraux accessoires, nous citerons le fahlerz qui constitue le trait caractéristique du remplissage d'Eusebi, la bournonite qui a formé des veines d'une certaine puissance à Francisci, la wulfénite, la cérusite, la pyromorphite, enfin la pechblende rencontrée dans le filon Johanni (Puits Anna).

De plus, nous mentionnerons l'existence d'une grande faille, la Lettenkluft, située au contact des schistes et des grauwackes, qui a longtemps limité les travaux au Nord et qu'on n'est parvenu à traverser qu'en 1862.

**Mies.** — La ville de Mies est située, non loin de la frontière de la Bohême, à peu près sur le même parallèle que Przibram, dont elle est éloignée de 65 kilomètres ; on y exploite des filons de galène argentifère dans un certain nombre de mines, dont les principales sont Frischglückzeche, Obere Langenzugzeche, Joanni Baptistizeche, etc. La formation dominante est le thonschiefer antésilurien, étage A de Barande : ce sont des schistes quartzifères grisâtres, au milieu desquels se trouvent quelques couches argilosableuses, dites sandstrichs ; ils sont recoupés par des microgranulites près de Soleslau et du basalte à Wolfsberg.

Les filons, quoique assez nombreux, y sont, en général, parallèles, beaucoup plus réguliers qu'à Przibram et ne présentent que peu d'intersections. La direction dominante est N. 140° E. De même qu'à Przibram, la venue sulfurée métallifère est arrivée la première et se retrouve dans tous les filons.

La coupe habituelle est la suivante :

*a*). Mélange de quartz I formant souvent, à lui seul, le remplissage, avec pyrite, galène et blende. La galène de Mies ne renferme pas plus de 20 grammes d'argent aux 100 kilogrammes de plomb. D'après des échantillons provenant de vieilles haldes, elle en aurait tenu 40 autrefois ;

*b*). Barytine (association en crête de coq) à l'état de druses ; cérusite et pyromorphite, comme produits de remaniement de la galène (la pyromorphite nettement postérieure à la cérusite) ;

quartz II en petits cristaux brillants bipyramidés, contemporains des remaniements qui ont produit la cérusite;

*c*). De petites veines de dolomie, fluorine et galène, avec produits de remaniement de la galène, argent natif, etc., paraissant correspondre à une dernière phase hydrothermale, ont été trouvés à Frischglück.

On manque absolument de données sur l'âge absolu de ces formations.

Toutes les exploitations de Mies sont actuellement abandonnées.

*Bibliographie.*

1798. Miessl. v. Zeleisen. — (Neue Abhandl. der K. Böhm Gesellsch. der Wissenschaft, t. III, p. 20.)

1838. Nöggerath. — (Ausflug nach Böhmen, p. 372.)

Vogelgesang. — (*Gang studien*, t. I, p. 305.)

1855. Helmich. — Sur Mies. (Öster. Zeits., p. 267.)

1855. V. Hauer et Fötterle. — Sur Mies : Übersicht der Bergbaue.

1859. Cotta, p. 203.

Lill v. Lilienbach. — (*Berg. u. H. Z.*, p 184.)

1860. Lipold. — Aufnahms Bericht über Przibram. (*Jahrb. d. K. K. geol. Reichs. Verh.*, p. 88.)

1862. Grimm. — Beiträge sur Kenntniss der Erzniederlage bei Przibram. (*Jahrb. d. KK. Montan Akad.*, t. XI, 1862, p. 208.)

1862. Faller. — Kurze Übersicht der Silber and Bleibbergbauer bei Przibram.

1863. Grimm. — (*B. u. H. Jahrb. der K. K. Bergakademien*, t. XII.)

1856 et 1863. Reuss. — Uber die Paragenese der auf den Erzgängen von Przibram einbrechenden Mineralien. (*Académie des sciences de Vienne*, 10 juillet 1856 et 15 janvier 1863.)

1864. Babanek. — Die neuen Gangesrichtungen in Przibram. (*Jahr. d. K. K. geol. Reichs.*, t. XIV, p. 382.)

1865. Reuss. — (*Neues Jahrb. f. Min.*, p. 91.)

1866. Grimm. — Die Grünsteine von Przibram. (*Jahr. d. K. K. montan Akad.*, t. XV, p. 219.)

1867. Rücker. — Filons de Mies. (*K. K. geolog. Reichsanstalt*, 16 avril 1867.)

*1869. Michel Lévy et Choulette. — Mémoire sur les filons de Przibram et de Mies. (*Ann. d. M.*, 6e, t. XV, p. 129.)

1870. Babanek. — Verhältn d. Anna u. Prokopizeche. (*Oester. bergm. Zeit.*, t. XVIII.)

1871. Babanek. — Die Erzführung der Przibram Sandsteine und Schiefer. (*Jahrb. d. K. K. geol. Reichs.*, t. XXI.)

1879. Groddeck, p. 297 et p. 100.

*1872. Poszepny. — Uber Dislocation im Przibramer Erzrevier. (*Jahrb. der K.K. geol. Reichs.*, t. XX.) (Contient une bibliographie antérieure.)

Grimm. — Die Erzniederlage bei Przibram.

1874. Poszepny. — Die Bergbau district von Mies in Böhmen.

1875. Mines d'argent et de plomb de Przibram. (*Cuyper*, t. XXXVIII, p. 501.)

*1875. Der Siber und Blei Bergbau zu Przibram. — Vienne. Publication de l'admin. des mines, pour la fête donnée quand le puits Adalbert atteignit 1000 mètres.

1878. (Oesterreichische Zeitschrift.)

1883. D'ACHIARDI, I, 173.

1887. Untersuchungen von Nebengesteinen der Przibramer Gänge. (*Berg. u. H. J. der K. K. Bergakadomie*, t. XXXV).

*1887. Von FRIESE. Bilder von den Lagerstätten der Silber und Bleibergbaue zu Przibram (Wien) (avec atlas).

1888. POSZEPNY. — Uber die Adinolen von Przibram. (Mittheil. von Tschermak, t. X.)

1889. STELZNER. Die lateral. Secretions Théorie. (*B. u. H. J. der K. K. Bergakademien zu Leoben und Przibram*, t. XXXVII.)

1889. A. ZDRAHAL. — Die K. K. Silber und Bleihütte zu Pzibram. (*B. u. H. Jahrbuch der Akad. zu Leoben und Przibram*, t. XXXVII, p. 1. Vienne, 1889.)

1889. HIBSCH. — Der Doleritstock und das Vorkommen von Blei und Silbererzen bei Rongstock im Böhmischen Mittelgebirge. (*Verhandlungen der K. K. geol. Reichsanstalt*, 1889. Vienne.)

*1892. W. GÖBL. — Montan geologische Beschreibung des Przibramer Bergbau-Terrains. (1 vol. avec planches. Vienne; contient une bibliographie antérieure.)

## CHAMPS DE FILONS DU HARZ[1]

Le Harz est un vaste plateau de forme demi-elliptique, divisé en deux bassins : *l'Oberharz* à l'Ouest (Clausthal, Zellerfeld, Saint-Andreasberg, Altenau, Lautenthal, Widemann et Grund) ; *l'Unterharz* à l'Est (Goslar, Oker, Rammelsberg). Cette région comprend trois grands gisements : le Rammelsberg, Clausthal et St-Andreasberg. Nous avons décrit le premier comme gîte sédimentaire dévonien de cuivre[2]; les deux autres sont les types classiques de filons concrétionnés.

**Description générale du Harz**[3]. — A l'exception des massifs granitiques du Brocken, du Rammberg et de l'Ockerthal, et de la formation secondaire du bord septentrional, toutes les montagnes du Harz

[1] Coll. *École des Mines*, 1517 et 1738. Voir la carte d'Allemagne, pl. II. On a souvent figuré les filons du Harz. Voir notamment Burat. Minéraux utiles, t. II, pl. VI, XVIII et XIX.

[2] Voir page 323.

[3] Cf. Michel Lévy, 1889 : Structure et classification des roches éruptives, p. 7 et 16. (Sur les granulites du Bodengang.)

sont constituées par des assises paléozoïques, interrompues çà et là par des épanchements de diabase ou des dykes de microgranulite.

Ces assises anciennes appartiennent au silurien, au dévonien et au carbonifère ; les dépôts permiens n'ont pénétré que dans des golfes plus ou moins largement ouverts à l'Ouest, au Sud et à l'Est.

Si on cherche à étudier les dislocations de la région, on voit, à l'inspection d'une carte géologique du Harz, que deux forces, l'une S.-E., l'autre N.-E., en ont provoqué les principaux plissements : plissements qui semblent avoir amené la venue de la granulite. M. Lossen a considéré le Harz comme un point de rencontre, comme le nœud de deux systèmes qui s'y croisent et s'y arrêtent, quelque chose d'analogue à ce qui existe dans le Nord du Plateau Central français.

Dès lors, von Groddeck en a rapproché le rayonnement de tous les filons de l'Oberharz autour d'un même point, situé au Steiler Wand, dans le Kellwasserthal supérieur, à la limite du quartzite et du granite et en a conclu que la formation des filons, aussi bien que celle des plis, devait résulter du soulèvement du Brocken après le culm. La complication des filons de Grund aurait été due à la réaction de l'Iberg, à cette époque.

Pour M. Lossen, au contraire, il s'est produit deux soulèvements successifs : le premier N.-E., correspondant à la montée de la granulite du Brocken et ayant plissé toutes les couches dans cette direction ; le second, postérieur, N.-O.

La tension produite par cette flexion, superposée au premier plissement, serait alors la cause des filons de l'Oberharz. Dans ces idées, les filons de Saint-Andreasberg seraient antérieurs à ceux de l'Oderspalte, eux-mêmes antérieurs à ceux de l'Oberharz.

A St-Andreasberg, on a surtout rencontré de l'argent, de l'antimoine, de l'arsenic, du cobalt, etc. ; ailleurs, plutôt du plomb, du cuivre, et du zinc.

**1° Champ de filons de St-Andreasberg.** — Le champ de St-Andreasberg se trouve à l'extrémité Sud-Ouest du Brocken, dans une zone étroite de schistes siluriens de Wieder, limitée au Nord par la granulite. On y rencontre des failles stériles, dites *Ruschels*, des filons de minerai d'argent et des filons ferrugineux et cuivreux.

Les *ruschels*, qui semblent correspondre aux fractures les plus anciennes, ont jusqu'à 60 mètres de puissance et sont remplis de fragments de schiste empâtés dans l'argile. Deux d'entre eux limitent le champ de fractures : ce sont, au Nord, le *Neufanger ;* au Sud, l'*Edeulleter Ruschel.* Le ruschel Edelleuter, presque rectiligne, est dirigé $H_7$ ; celui de Neufang forme, avec lui, à son mur, une ramification arquée.

Tous deux mettent en regard des couches d'un âge absolument différent (schistes de Wieder et grauwackes de Tanne). Ce sont manifestement des failles de plissement, dont le remplissage résulte uniquement du frottement des couches les unes sur les autres sous l'action d'une flexion oblique.

Ils limitent un coin de terrain grossièrement elliptique, qui a été violemment poussé de l'Est à l'Ouest, enfoncé normalement le long du Neufanger, borné au Sud par la surélévation du bord Sud de l'Edelleuter ruschel et où sont concentrés, à peu près exclusivement, les filons argentifères. Dans ce coin de terrain, se retrouvent, d'ailleurs, un certain nombre de ruschels secondaires qui ne dépassent jamais les ruschels principaux.

Les *filons argentifères* se divisent, d'après leurs directions, en deux systèmes. Le premier comprend des filons $H_{9-10}$, c'est-à-dire faisant des angles très aigus avec les ruschels (filons Franz, August, Samson, Jacobsglücker); le second, deux filons essentiels, à peu près parallèles aux ruschels $H_7$ et déviés par les premiers (filons Gnade Gottes et Bergmannstrost).

Tous ces filons argentifères ont, au plus, $0^m,50$ de puissance. Ils sont très ondulés en direction et en inclinaison. Leur remplissage principal est une calcite blanche opaque (calcite ancienne) contenant des grains et des veines de quartz (rarement de fluorine), de galène, de blende, d'arsenic natif, d'argent rouge, de discrase et d'argent arsenical.

Les géodes y sont fréquentes ; on y trouve les minerais précités et, en outre, une calcite récente sous des formes très variées, des zéolithes, etc. ; puis, en petite quantité, des minerais de nickel et de cobalt.

On n'est parvenu à trouver aucune relation entre la richesse des filons et la nature des roches encaissantes ou les croisements ; on

avait d'abord cru autrefois que les filons devenaient stériles da les diabases, on s'est aperçu ensuite qu'il n'en était rien. On pe seulement noter que les filons se stérilisent toujours lorsque le puissance devient un peu considérable.

**2° Champ de filons de Clausthal.** — Le *champ de Clausthal* absolument classique comme type de filons quartzeux et plor bifères. Ces filons traversent, en les rejetant, les couches du dév nien et du culm, tandis qu'on ne les voit pas pénétrer dans permien : en sorte que leur âge est assez bien déterminé. l figure 302 montre, à Bockswiese, le Pi thaler gang et le Neuer Grünlindnergan dans deux rejets semblables. A Lautentha le rejet a été assez fort (au moins 200 mètre pour mettre en contact : au mur, le dév nien ; au toit, le culm.

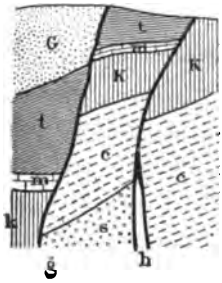



Fig. 302. — Coupe passant par le puits Johann Friedrich à Bockswiese (Clausthal), d'après V. Groddeck.

*hh*, Pisthalergang. — *gg*, filon *Grünlindner*. — S, grès à spirifères. — C, schistes à calcéoles et schistes de Goslar. — K, calcaire Kramenzel. — *k*, schiste siliceux. — *t*, phyllade du culm. — G, grauwacke du culm.

Les filons sont groupés en un certai nombre de systèmes, dits *gangzüge*, com posés d'un filon important de grande lon gueur, ou *hauptgang*, et d'un certain nombr de ramifications secondaires. Ces système eux-mêmes rayonnent, comme nous l'avon dit, à partir de la partie supérieure de l vallée du Kellwaner. Les trois principau faisceaux sont :

1° Celui du Sud, dirigé $H_7$, comprenan le système du Silbernaal, de Burgstadt et du Schulthal.

2° Le faisceau moyen $H_9$, comprenant le système de Lautenthal Hahnenkleer et celui de Bockswiese-Festenburg, Schulenberg.

3° Le faisceau de l'Est, $H_{12}$, à peine attaqué.

Entre ces groupes principaux, il existe, d'ailleurs, d'autre systèmes moins importants, et tous les filons métallifères sont à leur tour, déviés par deux failles stériles (falsche Ruschel e filon Charlotte) à peu près parallèles à la stratification, c'est-à dire $H_{3-5}$.

Les filons ont généralement une salbande bien accusée au mur, tandis qu'au toit, ils se confondent avec la roche encaissante par

des ramifications et atteignent souvent des puissances de 40 mètres et plus; leur inclinaison est presque toujours forte ; le remplissage est surtout formé de fragments de la zone encaissante (grauwacke et phyllade) et d'une matière noire schisteuse et ténue, appelée gangtonschiefer, qui paraît résulter de l'écrasement des parois. Entre ces roches, se trouvent les gangues et minerais, sous forme d'imprégnations et de veines; les brèches filoniennes sont très abondantes. On a admis que ces blocs, ainsi noyés dans le remplissage, étaient primitivement juxtaposés et avaient été séparés par la force de la cristallisation. Il est possible aussi que des actions de dissolution et de substitution progressives aient joué également un rôle.

Les gangues sont le quartz, la sidérose, la calcite et la barytine ; les minerais principaux, la galène argentifère, la blende et la chalcopyrite ; les minéraux accessoires : le braunspath, la pyrite, le cuivre gris, la bournonite, etc...

D'après V. Groddeck, l'ordre suivant est très net :

1° Quartz seul ou mélangé avec de la galène ;

2° Venue de blende et de galène ;

3° Calcite et barytine pures ou mélangées à du quartz.

C'est-à-dire que nous trouvons, pour employer des expressions particulières aux champs de filons de la Saxe [1], le Barytishe blei succédant à la Kiesige formation.

Quelques filons sont caractérisés par la prédominance du quartz et de la galène (filon principal de Zellerfeld) ; d'autres par la blende et la galène avec quartz et calcite (système de Burgstadt) ; parfois, c'est la chalcopyrite avec calcite et quartz (mine Charlotte), ou la blende (Lautenthal), qui est le minerai principal. Généralement la blende augmente beaucoup en profondeur.

Tandis que la première venue de quartz et sidérose se trouve partout, la calcite et la barytine sont plus exceptionnelles (calcite dans le Nord-Est, barytine dans le Sud-Ouest). Les parties riches affectent des formes très variées. Les plus habituelles sont des colonnes inclinées plongeant vers l'Ouest. On ne trouve, dans tout le district, presque aucun croisement; mais les bifurcations y sont fréquentes

[1] Voir plus loin, page 592 et suiv.

et c'est, comme presque toujours, aux bifurcations des filons importants que se trouvent les zones les plus riches. On n'a, pas plus qu'à Andréasberg, reconnu l'influence appréciable des roches encaissantes.

Parmi les mines de Clausthal, nous citerons celle *Königin Marien* à 2 kilomètres au N.-E. de Clausthal. On y exploite un filon E.-O traversant la grauwacke du culm et les schistes argileux e divisé en 3 parties: Hauptgang (14 à 18 mètres de puissance) Mittel trumm (1$^{m}$,50 à 3 mètres). Le remplissage se compose surtout de galène et calcite, avec un peu de sidérose et de blende; accessoirement, de pyrite cuivreuse et de quartz.

Cette mine, comme la plupart de celles du Harz, est remarquable par l'emploi de la force hydraulique.

Au point de vue industriel, les minerais de l'Oberharz et ceux du Rammelsberg sont traités, par des procédés très perfectionnés, dans un certain nombre d'usines dont les principales sont :

dans l'Oberharz, Clausthal, Altenau, Lautenthal, appartenant à l'État (St-Andréasberg, peu important) ;

dans l'Unterharz, Julius Hütte près Astfeld, Sophien Hütte près Langelsheim et Oker près Goslar, appartenant à la Unterharzer Communion, dans laquelle l'État allemand et le royaume de Brunswick sont les principaux intéressés.

L'usine de Clausthal traite des minerais de plomb à 60 p. 100 de plomb, 6,3 de cuivre, 500 à 3 000 grammes d'argent à la tonne et un peu de zinc. Par une fonte réductive avec oxyde de fer, on obtient une matte de cuivre et plomb et du plomb d'œuvre. Au moyen d'une série de grillages et de fusions suivies d'un rôtissage, on arrive finalement à avoir du plomb d'œuvre et du cuivre noir, qui est traité à Altenau pour cuivre et argent. Les minerais passés à Lautenthal sont caractérisés par l'abondance de la blende. Quant aux usines de l'Unterharz, elles traitent exclusivement les minerais du Rammelsberg.

En 1881, les usines du Harz ont traité 56 130 tonnes de minerai, dont 16 248 de l'Oberharz et le reste du Rammelsberg ou de l'étranger, et occupé 1 636 ouvriers ; elles ont produit, dans le même temps :

| | | |
|---|---|---|
| Oberharz. | 16 248 t. de minerais de l'Oberharz . . | 9 428 t. de plomb valant 3 271 762 francs. |
| | 1 234 t. Etranger. . | 6 836 kil. d'argent brut affiné à Lauthental. |
| | | 61 t. de cuivre. |
| Unterharz. | 2 144 t. de plomb d'œuvre ayant donné à leur tour. | 423 t. de plomb marchand. |
| | | 1 586 t. de litharges. |
| | | 420 t. de cuivre. |

En 1890, on a eu :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Oberharz. | 13 900 t. de minerais de l'Oberharz. | 8 726 t. de plomb valant | 2 784 200 fr. |
| | | 47 406 kil. d'argent valant | 8 400 000 — |
| | 2 643 t. Etranger. | 203 t. de cuivre valant | 310 000 — |
| | | 83 kil. 32 d'or valant | 287 000 — |
| Unterharz. | 54 006 t. de minerais du Rammelsberg. | 4 409 t. de plomb valant | 1 366 000 — |
| | | 7 515 kil. d'argent valant | 1 310 000 — |
| | | 1 052 t. de cuivre valant | 1 620 000 — |
| | | 66 kil. 24 d'or valant | 232 000 — |
| | | | 16 309 000 — |

La production annuelle du Harz en métaux représente donc, à peu près, 16 millions de francs.

### *Bibliographie.*


Carte géologique du Harz par von Lossen.

1789. Lasius. — Die Harzgebirge, 1789, t. II, p. 316.

1795. Freiesleben. — Bemerkungen über den Harz.

1806. Ostmann. — (*Haussmanns Beiträgen zur B. u. H. Kunde*, p. 48.)

1822. Schultz. — Karsten's Arch., t. V, p. 95.

1834. Zimmermann. — Das Harzgebirge.

1842. Hausmann. — Die Bildung des Harzgebirges, p. 134.

1843. Credner. — Geogn. Verh. Thüringens u. des Harzes.

1859. Kerl. — Berg. u. Hüt. Z., p. 21.

1859. Köhler. — Der Hülfe Gotteser Gang bei Grund. (*B. u. H. Z.*, p. 198.)

1860. Breithaupt. — *Ibid.*

1861. Cotta, p. 90.

1865. Credner. — (*Zeitschrift. d. d. geol. Gesellsch.*, t. XVII, 1865, p. 163.)

1866. Groddeck. — (*Zeitsch. d. d. geol. Gesellsch.*, t. XVII, p. 693.)

Rœmer. — Travaux paléontologiques sur le Harz.

1867. Streng, Kayser et Lossen. — Sur les diabases du Harz.

1873. Zeitsch. f. d. B. H. u. S. im preussischen. St. XXI, p. 1.

1877. Groddeck. — (*Zeitsch. d. d. geol. Gesellsch.*, t. XXIX, p. 440.)

1877. Rösing. — Zeitsch... prussien, t. XXV, p. 280.

1877. Wimmer et Braunig. — Traitement des minerais du Bas-Hartz. (*Journal de Carnall*, 1877.)

1878. A. Streng. — Ueber den Silberkies von *Andreasberg*. (*N. j. Mine.*, p. 785. Stuttgard, 1878.)

1879. Groddeck, p. 311.

1880. Schnabel. — Récents progrès de la désargentation dans le haut Hartz. (*Carnall*, 1880.)

1881. Capacci. — Mines et usines du Hartz (*Cuyper.*)
1881. Rösing. — Extraction de l'or à Lauthenthal. (*Journ. des sc. nat. de Moja.*)
V. Lossen. — (Société géologique allemande.)
1884. Luuyt. — Mém. sur l'extr. des métaux préc. dans le Hartz. (*Ann. d. M.*, 8e, t. VI, p. 393.)
1884. Termier. — Sur les éruptions du Hartz. (*Ann. d. M.*, 8e série, t. V, p. 243.)
1884. Pellé. — Journal de voyage manuscrit à l'École des Mines (n° 721).
1889. Davies, p. 193.
1891. Zeits. f. d. B. H. u. S. im preuss. St., t. XXXIX. (*Statistique allemande*, p. 158 et 199.)

## CHAMPS DE FILONS DE LA SAXE ET DE LA BOHÊME SEPTENTRIONALE[1]

**Géologie de la région.** — Les terrains qui composent la Saxe sont : au Sud-Ouest, la granulite; au centre, le gneiss gris et son manteau de schistes micacés et argileux; à l'Est, le crétacé de la vallée de l'Elbe. La formation oligocène à lignites de la Bohême septentrionale vient, au Sud, se heurter au pied escarpé de l'Erzgebirge; le versant Nord de cette chaîne de montagnes forme, au contraire, de vastes plaines, doucement ondulées, que limitent, d'une part, les escarpements de la granulite, de l'autre, les hauteurs granitiques qui bordent la vallée de l'Elbe.

M. Michel Lévy, dans un mémoire de 1870, a rattaché les *dislocations de la région* à un certain nombre de systèmes dont les principaux, définis par lui avec une précision qui tenait aux idées de l'époque, sont les suivants :

N. 135° E. — Plissements primitifs du gneiss.

N. 51° E. et N. 92° E. — Montée de la granulite. Dislocations ayant intéressé le gneiss, les schistes et les grauwackes siluriennes (âge dévonien).

N. 59° E. — Soulèvement du gneiss de Mobendorf, entre l'âge

[1] Coll. *École des Mines*, 1340. — Voir la carte de l'Allemagne centrale, pl. II. — Les points principaux de cette description ont été empruntés à un mémoire de MM. Michel Lévy et Choulette (1870), dont nous avons pourtant laissé de côté toute la partie qui n'était qu'une application des idées d'Elie de Beaumont sur le réseau pentagonal Il nous a semblé utile de donner, pour le champ de filons le plus classique et le mieux étudié, quelques détails sur les relations réciproques des fractures et des remplissages successifs, ainsi que sur la composition de ces derniers.

de la zone à sigillaires et celui de la zone à annulariés. Plissements violents des grauwackes dévoniennes et des terrains houillers inférieurs (âge du houiller moyen).

N. 130° E. — Cassures et plissements des terrains houillers et du rothliegendes. Grandes failles avec quartz ferrugineux (rother Ochs, rother Kamm) (âge post-permien).

N. 57° E. — Soulèvement de l'Erzgebirge, intéressant les terrains triasiques et jurassiques de la Thuringe, laissant horizontales les assises crétacés de la Saxe (âge post-jurassique).

N. 160° E. — Cassures des terrains crétacés du Nord de l'Allemagne. Filons-failles en Saxe (quartz ferrugineux) (âge tertiaire).

N. 117° E. — Soulèvement et cassures des terrains crétacés supérieurs de la vallée de l'Elbe, entre Oberau et Hohnstein. Filons-failles quartzeux.

N. 75° E. — Dernier soulèvement de l'Erzgebirge, postérieur à la formation miocène à lignites, se terminant par une violente érosion, du Sud vers le Nord, sur les grands plateaux de la Saxe.

En relation avec ces différents systèmes de fractures, il paraît y avoir eu trois *venues porphyriques* principales en Saxe :

La première (microgranulites, porphyres feldspathiques et amphiboliques) serait contemporaine des premières assises du houiller supérieur.

La seconde, composée de roches analogues, serait contemporaine du rothliegendes inférieur, dans lequel elle formerait des coulées interstratifiées.

La troisième (felsitfels, pechsteins, argilophyres trachytiques) caractériserait l'époque de la première venue métallifère sulfurée de Freiberg : elle serait certainement postérieure au rothliegendes supérieur, commencerait par des filons à 30° et se terminerait par des dykes à 130°.

Ultérieurement sont venues des roches éruptives tertiaires, basalte, dolérite, phonolithe, etc.

Enfin, il y a lieu d'insister sur les *sources thermales*. Elles sont presque toujours en relation avec les filons à 160° (quartz ferrugineux réouverts par le dernier soulèvement à 170°).

Les sources de Carlsbad, Marienbad, Teplitz, etc., sont sodiques, riches en acide carbonique avec traces de sulfates, de chlorures, de fluorures.

Plusieurs filons métallifères, profondément exploités, ont donné passage à des sources thermales minéralisées, quelquefois très abondantes (Joachimsthal, Freiberg, etc.), ces dernières souvent riches en acide sulfhydrique.

C'est là un fait curieux qu'on peut rapprocher de ceux du même genre constatés dans la Sierra Almagrera, au Comstock, à Bourbon-l'Archambault, etc.

On peut conclure de ces diverses observations que la région saxonne a été soumise, depuis les époques les plus anciennes, à des phénomènes de dislocation réitérés (comparés à la torsion d'une vitre par M. Daubrée), phénomènes ayant dû chacun donner lieu à des venues hydrothermales métallifères, dont les sources thermales actuelles sont un dernier écho et que, par suite, il y a lieu de s'attendre à y trouver des remplissages très divers et d'âges très différents.

Les *minerais* utilisables en Saxe sont de plusieurs sortes :

1° Filons d'étain, pour la plupart abandonnés aujourd'hui[1] :

2° Filons sulfurés anciens, dont nous nous occuperons surtout à l'occasion des champs de fractures de Freiberg et de Marienberg;

3° Filons à remplissage barytique et fluoré (Annaberg) ;

4° Filons à remplissage sulfuré jeune (Schneeberg) ;

5° Filons à remplissage argentifère récent (Joachimstahl) ;

Nous rencontrerons, d'ailleurs, dès le premier champ de fractures que nous étudierons, celui de Freiberg, des indices superposés de chacune de ces venues distinctes, devenant, tour à tour, dans telle ou telle région, prédominantes.

On a fait le calcul qu'il y avait, dans cette région, 1848 filons (dont 829 à Freiberg seulement), sur lesquels 849 sont exploités pour plomb, argent et cobalt ; 465 pour plomb et argent ; 181 pour argent seulement[2].

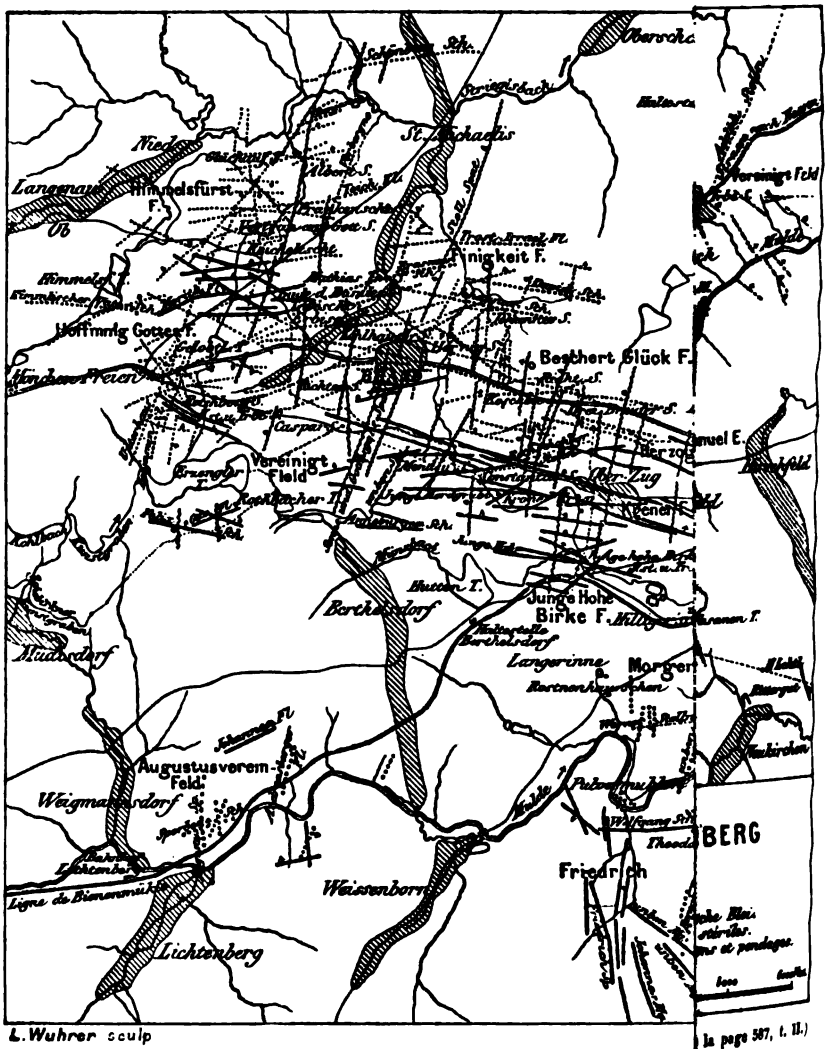
Laissons de côté les filons d'étain décrits ailleurs[3], et passons à

[1] Voir plus haut, page 127.

[2] V. Dechen. *Die Nutzb. Min.*, p. 652.

[3] Voir page 127.

THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY
ASTOR, LENOX
TILDEN FOUNDATIONS




L. Wuhrer sculp

la page 587, t. II.)

onde catégorie de gîtes : filons sulfurés anciens (Freiberg, nberg).

## A. — FREIBERG

**sition des principales mines.** — Les environs immédiats de berg forment un pays peu accidenté, à travers lequel la Mulde, ant du Sud vers le Nord, s'est creusé une vallée d'une mé- re profondeur.

s mines qui se rattachent naturellement à celles de Freiberg, endent, au Sud, jusqu'à Brand et Erbisdorf, au Nord jusqu'à enlehn et Gersdorf près Roswein, formant ainsi un champ xploitation quatre fois plus long que large et dont les affleu- ments ont pu être suivis, d'une part, jusqu'à la vallée de l'Elbe, l'autre, jusqu'à Marienberg.

Elles peuvent se diviser en un certain nombre de groupes. (Voir fig. 303.)

1° *Au voisinage immédiat de Freiberg*, se trouvent :

*a*) au N.-O., le centre de Gross-Schirma (mine de Churprinz) ;

*b*) à l'Est, la mine d'*Himmelfahrt ;*

*c*) plus loin, au S.-E., la mine de Morgenstern et les anciennes exploitations du Rammelsberg (Friedrich, etc.).

2° *Au Sud de Freiberg*, on connaît :

*a*) à l'extrémité S.-O. du champ de cassure, près Brand et Erbisdorf, la grande mine d'*Himmelfürst ;*

*b*) au S.-E., la mine Mord-Grube ;

*c*) au Sud, la mine Beschert-Glück.

3° *Au Nord de Freiberg*, on peut citer :

*a*) à l'extrémité N.-O. du champ, la mine de Segengottes à Gersdorf, près Roswein ;

*b*) plus près de Freiberg, les centres de Braunsdorf et Voigtsberg (Gesegnete Bergmanns Hoffnung, Altle Hoffnung Gottes, etc.) ;

*c*) au Nord, les exploitations de Sienbenlehn (Romanus, Vereinigt-feld), d'Obergrüna et Drehfeld (Emanuel).

Les deux centres d'exploitation principaux sont, aujourd'hui,

Himmelfahrt Fundgrube (mines de l'Ascension) et Himmelfürst Fundgrube (mine du prince du ciel), ce dernier exploité régulièrement depuis 300 ans.

**Constitution géologique de la contrée.** — La région de Freiberg est presque exclusivement constitués par le gneiss gris, sillonné par quelques rares traînées de granite, de granulite (gneiss rouge) et de porphyre. Au Sud, dans le second groupe de mines, on est encore dans les gneiss ; à la mine Himmelfürst, on rencontre cependant des filons de kersanton dioritique qui recoupent toutes les roches précédentes, y compris les filons quartzeux anciens. Au Nord, la mine de Segengottes se trouve, presque en entier, dans le gabbro de Roswein (grünstein) ; les filons métallifères, riches dans le gabbro, s'appauvrissent presque toujours dans les schistes. Auprès de Siebenlehn, on rencontre un autre massif de gabbro, séparé du premier par les thonschiefer et qui passe, par places, à la serpentine. Ce gabbro vient buter contre les thonschiefer au Nord par une faille contenant de la calcite, du quartz, des pyrites et, souvent aussi, un feldspath orthose rouge.

**Des filons métallifères au point de vue de leur direction et de l'âge relatif des fentes qu'ils remplissent.** — Si l'on jette les yeux sur une carte représentant les filons de Freiberg et où ces filons sont distingués par la nature de leur remplissage [1] (fig. 303), on remarque d'abord que le remplissage sulfuré à galène argentifère, principale richesse de la région, est concentré dans des fentes de directions comprises entre 0 et 90° ($H_0$ à $H_6$). Au contraire, des croiseurs, postérieurs aux filons précédents et de direction oscillant entre 90 et 160°, sont, tantôt simplement stériles, tantôt remplis de barytine avec accompagnement de fluorine, de minéraux cuprifères, de galène pauvre en argent, etc.

Les mineurs distinguent, dans le premier groupe métallifère de 0 à 90°, les filons $H_3$, dits *Stehende* parce qu'ils sont très inclinés et les filons $H_6$, dits *Morgen* parce qu'ils sont dirigés sur le levant;

[1] On trouvera plus loin, pages 592 et suivantes, l'explication des termes par lesquels sont désignés ces remplissages.

dans le second groupe, les filons barytiques $H_9$ dits *Spath* et les filons $H_{11}$, peu inclinés, dits *Flache*.

Dans ces fractures se sont succédé un certain nombre de remplissages, sur lesquels nous aurons à revenir plus loin en détail, mais dont nous voulons indiquer dès à présent, la composition d'ensemble, pour pouvoir établir un tableau comparatif de l'âge des fractures et de l'âge des remplissages qui en est bien distinct. Ce sont :

1° Quartz ancien stannifère Q, accompagnant la granulite, rattaché au dévonien ;

2° Quartz avec talc et cristaux de mispickel T, peu postérieur au précédent ;

3° Venue sulfurée à galène riche $S_1$, capitale à Freiberg, tantôt exclusivement composée de sulfures, tantôt quartzeuse, tantôt enfin dolomitique, rattachée autrefois théoriquement aux porphyres du trias. Elle comprend les groupements minéralogiques nommés : l'edlequartz formation (formation du quartz noble), la kiesige formation (formation pyriteuse) et l'edlebraunspath formation (formation du braunspath noble) ;

4° Venues barytiques (schwerspath formation) et ferrugineuses : $B_1$, $F_1$, $B_2$[1] considérées très hypothétiquement, d'après des idées de direction, comme s'étant succédées dans le jurassique et le crétacé ;

5° Venues sulfurées à galène pauvre $S_2$ et venues barytiques $B_3$[2] supposées, par des motifs du même genre, d'âge éocène.

6° Venue calcitique $V_7$ et venue argentifère $V_8$ rattachées au pliocène : cette dernière, précédée par le soulèvement des Alpes principales, se retrouvant, avec les mêmes apparences, dans tous les champs de filons de la Saxe et, particulièrement, à Joachimstahl.

Les intersections et réouvertures de ces divers filons ont été étudiées avec grand soin par MM. Michel Lévy et Choulette qui ont résumé les principaux résultats de ce travail dans le tableau sui-

[1] On retrouvera, plus loin (page 591), ces venues barytiques et ferrugineuses décrites dans les venues $V_2$, $V_3$ et $V_4$, sous les noms $B_1$, $F_1$, $B_2$.

[2] Voir plus loin, page 591, les venues $V_5$ et $V_6$.

vant, donnant la succession chronologique des fractures avec les directions correspondantes et leur relation d'âge par rapport aux remplissages que nous venons de définir [1].

| ORDRE chronologique | SYSTÈMES de filons et de failles | REMPLISSAGES | |
|---|---|---|---|
| 1 | $H_{11-12}$ | Antérieur à Q | |
| 2 | $H_{9}$ | — à Q | |
| 3 | $H_{3}$ | — à T | |
| 4 | $H_{6}$ | — à $S_1$ | |
| 5 | $H_{4}$ | — à $S_1$ | |
| 6 | $H_{11}$ | — à $S_1$ | |
| 7 | $H_{0-1}$ | — à $S_1$ | |
| 8 | $H_{5-6}$ | — à $S_1$ | |
| 9 | $H_{2}$ | — à $S_1$ | |
| 10 | $H_{8-9}$ | Antérieur à $B_1$ | Postérieurs à $S_2$ |
| 11 | $H_{3-4}$ | — à $B_2$ | — à $B_1$ |
| 12 | $H_{10}$ | — à $B_2$ | |
| 13 | $H_{6-7}$, $H_{7-8}$ | — à $S_2$ | — à $B_2$ |
| 14 | $H_{1}$ | — à A | — à $B_2$ |
| 15 | $H_{2-3}$ | | — à $B_2$ |
| 16 | Réouvertures E O. . . | Antérieures à A | Postérieurs à $B_2$ et $S_2$ |

**Des remplissages.** — Nous allons énumérer toutes les venues successives constatées à Freiberg, en donnant quelques indications sur leur remplissage minéralogique; nous reviendrons ensuite sur les deux principales :

V. Les *venues anciennes*, tout à fait accidentelles à Freiberg, comprennent :

Q. Quartz ancien cristallisé, souvent accompagné de mica, cassure à éclat gras, couleur d'un blanc jaunâtre. Probablement contemporain de la granulite.

T. Mélange d'un remplissage talqueux, argileux, blanc verdâtre, avec des cristaux souvent assez développés de mispickel.

$V_1$. La *venue sulfurée* $S_1$, de beaucoup la plus importante à

[1] On trouvera, dans le mémoire cité, p. 184 et suiv., les faits précis qui ont servi à établir ce tableau.

Freiberg et sur laquelle nous reviendrons plus loin[1], s'y présente, dans tous les filons anciens, y compris les $H_3$ et se compose généralement de quelques-uns des remplissages suivants :

1. Quartz ancien *grenu*, à cassure grisâtre, avec pyrite et mispickel.
2. Mélange caractéristique de blende noire, galène, pyrite (fer et cuivre) et mispickel, paraissant s'être succédé dans l'ordre : blende, galène à 1,5 ou 2 p. 1000 d'argent, pyrites.
3. Quartz coupeur blanc, à éclat *laiteux*, en veinules.
4. Manganèse carbonaté et dolomie rose.
5. Quartz *cristallisé* vitreux, avec mouches de galène contenant jusqu'à 5 millièmes d'argent et traînées plus rares de mispickel, de blende brune, de tétraédite, d'argent rouge et d'argent sulfuré.
6. Dolomie plus récente rose, rouge ou jaune.

Nous dirons, bientôt, que cette venue sulfurée $S_1$ comprend 3 groupes principaux : Edlequartz formation, Kiesige formation, Edlebraunspath formation.

$V_2$. *La venue barytique* $B_1$ remplit les filons $H_{8-9}$ et, quelquefois, les $H_6$ réouverts. Elle rejette constamment les remplissages $S_1$.

Elle contient :

Baryte sulfatée blanche ou rouge, à grandes faces de clivage, généralement seule, quelquefois accompagnée de quartz grenu grisâtre avec mouches de galène, bournonite, cuivre gris.

$V_3$. La *venue ferrugineuse* $F_1$ (quartz et hématite) est rare à Freiberg.

$V_4$. La *venue barytique* $B_2$, avec fluorine et hématite rouge, se présente dans les filons $H_{10}$. Elle comprend de la fluorine, parfois un peu de sidérose et des minéraux cuprifères, cuivre gris, cuivre pyriteux et de l'hématite rouge.

$V_5$. La *venue sulfurée à galène pauvre* $S_2$, avec quartz et fluorine, ne se trouve guère que dans les réouvertures $H_{6-7}$.

$V_6$. La *venue barytique* $B_3$ remplit des réouvertures des $H_{6-7}$, déjà incrustées à la venue $S_2$. Elle comprend, outre la barytine, de la fluorine et des lits intercalés de marcassite et de galène.

$V_7$. *Venue de calcite* C. Le calcite se présente à Freiberg avec des âges très différents et, notamment, près des grünsteins, il doit y en avoir de très anciennes; mais sa venue principale est, au contraire,

[1] Page 592.

très récente. La pechblende et l'arsenic natif lui sont parfois associés.

$V_8$. *Venue argentifère* A. Minéraux d'argent en druses, au croisement des filons récents réouverts par les dernières secousses E.-O.$_1$ avec les anciens filons à remplissage $S_1$.

Nous allons insister un peu sur ces diverses venues, en particulier sur les deux venues les plus importantes au point de vue métallifère : la venue sulfurée ancienne $S_1$ et $V_8$, la venue argentifère A, ainsi que sur leurs relations avec les venues intermédiaires.

**Description de la venue $S_1$.** — Les différents minéraux, qui composent la venue $S_1$ et que nous avons mentionnés plus haut[1], se trouvent rarement tous ensemble dans les mêmes filons; mais ils forment volontiers certains groupements caractéristiques auxquels les mineurs allemands ont donné des noms spéciaux :

1° L'*Edlequartz formation* (quartz noble) comprend l'association des quartz grenus, laiteux et cristallisés de la venue $V_1$, avec mispickel et minéraux argentifères. On y rencontre souvent, en outre, les sulfures (2) décrits[2] dans la venue $V_1$, qui sont alors plus argentifères que de coutume et quelquefois la dolomie (6).

L'edlequartz formation paraît surtout au Nord et au Nord-Ouest de Freiberg; presque exclusivement quartzeuse près des épanchements porphyriques de Braunsdorf, elle est accompagnée, dans le gabbro de Siebenlehn, par une puissante formation de calcite, qui paraît surtout en réouverture dans les fractures $H_2$.

Un filon de ce groupe comprend, par exemple, à la mine Gesegnete Bergmanns-Hoffnung, à Braunsdorf, les associations suivantes :

*a*. Quartz ancien de la venue $S_1$ et blende noire (1 et 2);

*b*. Quartz récent (5), cristallisé dans les druses et contenant, dans ses cassures, de l'argent rouge et de la pyrite.

On voit, sur la figure 304, le gneiss rouge ($\zeta$) traversé d'abord par la blende (*Zns*) avec quartz laiteux; puis, recoupant celui-ci, le quartz récent à druses argentifères (Q), avec fluorine (Ca Fl).

Ailleurs, un filon puissant et composé d'un grand nombre de

[1] Page 589.

[2] Les chiffres 1, 2, 3, etc., de ce paragraphe sur la venue $S_1$ se rapportent aux alinéas correspondants dans la description de la venue $V_1$.

veines en faisceau, le filon $H_4$, Krebs mgg. à Segengottes (fig. 305) offre, dans chacune de ses veines, les remplissages suivants :

*a*. Quartz ancien (1) ;

*b*. Sulfures métallifères (2) (pyrite dominante, $S_1$) intimement liés au quartz précédent ;

*c*. Au centre, dolomie jaunâtre (6) contenant des morceaux cassés à angles aigus du remplissage précédent ;

*d*. Parfois, sur la dolomie, des filets de fluorine avec enduits cuivreux.

L'ensemble est coupé par une faille béante $H_{10}$ (157°).

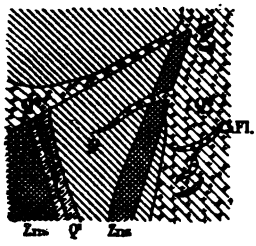



Fig. 304. — Freiberg. Gesegnete Bergmanns. Hoffnung.

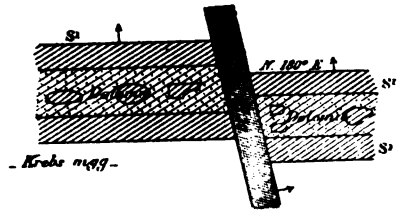



Fig. 305. — Freiberg, Segen Gottes.

La figure 305 montre le filon rejeté par cette faille et renfermant, sur ses épontes, les sulfures (2) ($S_1$) : au centre, la dolomie (6).

2° La *Kiesige formation* (formation pyriteuse) présente une association des quartz et sulfures (1, 2, 3), fréquemment accompagnée par la dolomie (6). Ce qui la distingue de l'Edlequartz formation, c'est principalement l'absence des quartz (5) à minéraux argentifères.

Cette formation paraît surtout dans les environs immédiats de Freiberg, en particulier à Himmelfahrt, où le filon Frischglück nous présente le remplissage suivant :

*a*. Blende noire et galène à reflets foncés (2) ;

*b*. Veines multiples de pyrite de fer coupant les sulfures *a* ;

*c*. Quartz blanc laiteux (3) en large bande de réouverture.

Ailleurs, à l'Erzengel mgg. $H_{0-1}$, on trouve un terme de plus, le quartz (1). On a alors (fig. 306) :

*a*. Quartz grenu ou gras à cristaux de mispickel (1) ;

*b*. Blende noire avec veinules de galène plus récente (2) ;

*c*. Mispickel massif, quartz, mouches de pyrites et de galène (2) ;

*d.* Quartz blanc laiteux (3) avec druses de cristaux de calcite et veinules de braunspath rose.

Cette kiesige formation se trouve aussi dans les mines du Nord (Gersdorf, Braunsdorf) et domine dans les filons des mines du Sud, où elle est en relation avec la Braunspath formation.

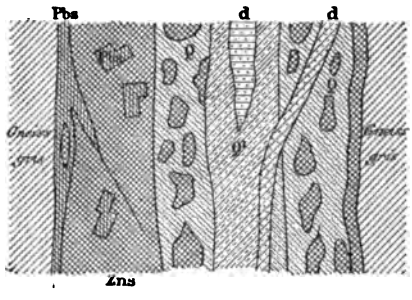



Fig. 306. — (Figurés de la figure 309.) Freiberg, Himmelfahrt, filon Erzengel.

Dans les mines Morgenstern et Friedrich (à l'Est de Freiberg), elle présente une richesse inaccoutumée en pyrite cuivreuse.

3° L'*Edle braunspath formation* (braunspath noble) comprend l'association des sulfures, quartz et carbonates (4, 5, 6), fréquemment accompagnés des venues 1 et 2, c'est-à-dire que les dernières venues de manganèse carbonaté, dolomie et quartz cristallisé y présentent un caractère dominant.

On la rencontre surtout au Sud et au Sud-Ouest de Freiberg; ainsi la mine Beschert Glück, entre Freiberg et Brand, en offre des exemples remarquables formés de :

*a.* Mélange de quartz ancien (1) avec blende noire et pyrites;

*b.* Dolomie rose avec délits pyriteux et galénifères;

*c* Blende dolomitique jaunâtre avec infiltrations quartzeuses.

**Description des venues intermédiaires entre $V_1$ et $V_5$.** — Passons maintenant aux venues postérieures à $S_1$, qui sont venues disloquer et compliquer cette formation.

Nous avons d'abord les *venues barytiques, ferrugineuses et fluorées*, $V_3$, $V_2$ *et* $V_4$, qui, à Freiberg, recoupent constamment les filons $S_1$. Nous en citerons seulement un exemple (fig. 307 et 308).

Ces figures montrent un ancien filon, Abraham St, à remplissage $S_1$ qui était compris dans des fractures $H_3$ et $H_9$ (fig. 307), rejeté par un filon barytique $B_3$ (Neue Hoffnung), de direction $H_{8\text{-}9}$, qui a réouvert l'ancienne fracture $H_9$ et même des fractures $H_3$.

L'Abraham St. comprend :

*a.* Galène (2) avec mouches de pyrite et de mispickel;

*b*. Veinule de quartz plus récent (3).

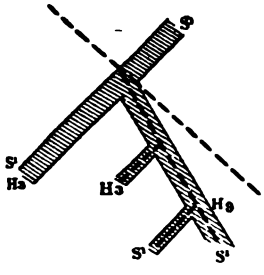


Fig. 307. — Freiberg, Himmelfahrt.
Filon avant la réouverture.

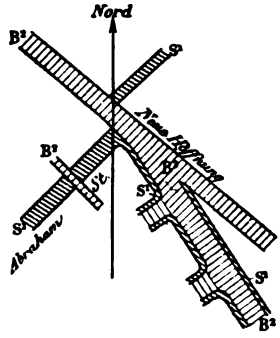



Fig. 308. — Freiberg, Himmelfahrt.
Filon après la réouverture.

Le Neue Hoffnung est formé uniquement de barytine rouge compacte à grands cristaux.

Dans les $H_9$ réouverts, on constate :

*a*. Quartz et blende noire (1 et 2) ;

*b*. Veinule de galène 2 ;

*c*. Barytine blanche massive ;

*d*. Fluorine.

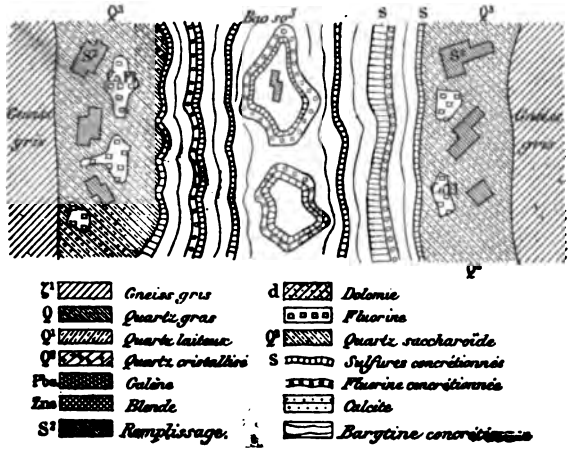



Fig. 309. — Freiberg, Churprinz (drei Prinzen Sp.).

Puis nous trouvons les venues sulfurées $S_2$ et barytiques $B_2$ ($V_8$ et $V_6$).

*Le remplissage sulfuré* $S_2$ ne se présente, avec une certaine abondance, près de Freiberg, que dans le filon Drei Prinzen sp. de la mine Churprinz (fig. 309).

Ce filon (ancien $H_6$ réouvert) est très irrégulièrement rempli ; sa puissance, parfois considérable, peut atteindre 6 mètres ; il se compose alors d'un faisceau de veines parallèles, incrustées de la même façon et contenant :

*a* Un quartz grenu saccharoïde avec druses et mouches de fluo-

rine, masses clivables brillantes de galène foncée et noyaux de calcédoine, accompagnés de paillettes de blende jaunâtre $V_5$.

*b*. Des alternances, souvent très nombreuses, de barytine concrétionnée jaunâtre, de fluorine grenue, de marcassite et de galène fibreuse en minces délits et en rognons ($V_6$). Ce remplissage (*b*) enveloppe et contourne, par places, des morceaux concassés du précédent.

Quant à la *venue de calcite* $V_6$, elle se montre assez fréquemment à Siebenlehn, où elle a réouvert les filons $H_2$. Elle paraît nettement postérieure aux barytes.

**Description de la venue argentifère $V_8$.** — La *venue argentifère* récente, présente, au point de vue de l'exploitation, une très grande importance à Freiberg; elle produit environ le tiers de l'argent qui sort des usines et a souvent formé des amas contenant plus de 8 000 francs de ce métal au mètre cube.

Cette venue se trouve principalement au croisement des filons réouverts, barytiques ou stériles, avec les filons de remplissage $S_1$ et, en général, dans la réouverture des croiseurs. Ainsi, dans la mine Himmelfahrt, au croisement du Ludiwg Sp.[1] $H_2$ (remplissage $S_1$) avec le Ludwig Sp. $H_6$ réouvert (remplissage $B_1$), on a trouvé, sur une hauteur d'environ 50 mètres, et principalement dans le croiseur $H_6$, un amas de minerais argentifères dont la valeur a dépassé 5 millions de francs.

Il se composait principalement d'argent rouge antimonial et arsenical, argent sulfuré, argent natif, le tout associé à une dolomie récente; l'amas s'est terminé, en haut et en bas, par des masses de galène pauvre, reposant directement sur la barytine $B_1$.

**Action des roches encaissantes sur les filons.** — Si nous cherchons l'*action des roches encaissantes* sur les filons, nous trouvons les faits suivants :

1° En ce qui concerne les effets chimiques, les sulfures métallifères de la venue $S_1$ semblent exister à l'état de mélange intime et d'élément constituant de la roche dans certains grünsteins de la Saxe, dont ils paraissent dériver directement, dans les felsitfels de Braunsdorf et les porphyres de Brand. Les mines voisines des

[1] Sp. : Abréviation de Spalt, filon.

massifs de grünsteins (Obergrüna, Sieberlehn, Roswein, Brand) se font, en général, remarquer par l'abondance de la dolomie et par l'enrichissement en argent (edlequartz formation, braunspath formation). Au voisinage des felsitfels de Braunsdorf, s'est trouvé jadis un des centres les plus riches en argent; les filons y étaient quartzeux et très argentifères.

2° En ce qui concerne les effets mécaniques, lorsque les filons pénètrent dans la granulite (roche trop compacte), ils perdent généralement de leur puissance et se transforment en veines étroites. Ils s'appauvrissent, de même, pour une raison contraire, dans les roches trop friables ou trop grasses (gneiss trop micacés, serpentines, thonschiefer); la roche qui leur convient le mieux est surtout le gneiss rouge.

3° Un phénomène constant d'enrichissement se produit à la rencontre du contact de deux formations sédimentaires ou éruptives entre elles : ainsi, à Segengottes, entre le grünstein et les thonschiefer; à Himmelfürst, au contact des micaschistes grenatifères et du gneiss, etc...

**Production des mines de Freiberg.** — Nous terminerons par quelques renseignements industriels sur le groupe principal de ces mines de Freiberg, celui d'Himmelfahrt :

La mine est aménagée par puits et galeries d'allongement. Les puits ayant été foncés peu à peu au cours des découvertes, on se trouve, comme dans toutes les anciennes entreprises, en présence d'un édifice exécuté, non pas d'un coup, d'après un plan d'ensemble, mais successivement par pièces et morceaux.

En 1881, les puits du district d'Himmelfahrt étaient au nombre de 15 : les plus anciens, situés dans les filons Stehende, inclinés dans le plan du filon; les plus récents, verticaux.

La méthode d'exploitation est celle des gradins renversés. Les filons étant très minces ($0^m,20$ de puissance en moyenne), on est toujours forcé d'abattre une partie du toit. La descente des hommes est faite ordinairement par des fahrkunst. Jusqu'à ces dernières années, tous les moteurs employés à Freiberg, comme dans le Harz, étaient hydrauliques.

D'après M. de Bonnard, les mines de Freiberg occupaient,

en 1808, 5 000 ouvriers et produisaient annuellement environ 12 tonnes d'argent.

En 1867-68, elles ont employé 7 500 ouvriers et contremaîtres, et produit 31 500 tonnes de minerai préparé qui, à leur tour, ont donné :

| | | | |
|---|---|---|---|
| 30 | tonnes, | 520 kilogrammes | d'argent. |
| 4 530 | — | — | de plomb. |
| 69 | — | — | de cuivre. |
| 586 | — | — | de zinc. |
| | | 6 kilogrammes | de nickel et cobalt. |
| 300 | — | — | d'arsenic. |
| 1 400 | — | — | de soufre. |

Le tout représentant une valeur d'environ 6 292 000 francs.

Plus tard, en 1885, les filons de la venue métallifère $S_1$ ont produit 33 500 tonnes de minerai qui, par la préparation, ont donné 11 166 tonnes de minerai lavé, soit 33 p. 100 du minerai brut.

Les filons de la formation barytique ont donné, en cette même année, pour 502 tonnes de minerai brut : 84 tonnes de minerai lavé et 4 000 tonnes de sulfate de baryte.

Enfin, en 1891, on a le tableau suivant, qui s'applique également aux districts d'Altenberg, de Marienberg (comprenant Annaberg, Geyer, Ehrenfriedersdorf) et de Schwarzenberg (Oberwiesenthal, Scheibenberg, Johanngeorgenstadt, Eibenstock, Schneeberg, Vogtsberg, etc...).

| | DISTRICT DE FREIBERG | | DISTRICT D'ALTENBERG | | DISTRICT DE MARIENBERG | | DISTRICT DE SCHWARZENBERG | | RÉSUMÉ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Tonnes | Francs | Tonnes | Francs | Tonnes | Francs | Tonnes | Francs | Tonnes | Fran |
| Minerais d'argent riches, galènes, blendes et pyrites de cuivre argentifères | 24 665 | 5 597 000 | » | » | 97 | 42 000 | 12 | 50 000 | 24 775 | 5 690 |
| Mispickel, pyrites de fer et de cuivre. | 5 562 | 86 700 | 285 | 2 000 | » | » | 322 | 10 000 | 6 171 | 98 |
| Blende non argentifère | 781 | 18 200 | » | » | » | » | 180 | 15 400 | 961 | 33 |
| Minerais de bismuth, nickel et cobalt. | » | » | 1,232 | 24 600 | 2,77 | 2 000 | 286 | 705 000 | 290 | 731 |
| Wolfram | » | » | 42,045 | 40 900 | » | » | » | » | 42,045 | 40 |
| Minerai de fer | » | » | 8 264 | 128 000 | » | » | 5 894 | 57 000 | 14 158 | 185 |
| Minerai d'étain | » | » | 50 | 114 000 | » | » | » | » | 50 | 114 |
| Barytine | 491 | » | » | » | » | » | 30 | 220 | 521 | 6 |
| Fluorine | » | 6 600 | » | » | » | » | 2 355 | 22 600 | 2 355 | 22 |
| Produits divers | » | 42 000 | » | 65 500 | » | 2 000 | » | 1 770 | » | » |
| Totaux | | 5 750 500 | | 375 000 | | 46 000 | | 862 000 | | 6 873 |

Le traitement métallurgique a été décrit, dans divers mémoires, par MM. A. Carnot, Grand, Capacci, etc... Un point intéressant est l'existence d'une usine spéciale pour les produits arsenicaux fournissant : 1° arsenic métallique; 2° réalgar; 3° acide arsénique.

On produit également une certaine quantité de bismuth et d'alliage de plomb et d'antimoine pour imprimerie.

En 1878 et 1891, les usines de Freiberg ont fourni :

| | 1878 | | 1891 |
|---|---|---|---|
| | QUANTITÉ EN KILOGRAMMES | VALEUR EN FRANCS | QUANTITÉS EN KILOS |
| Or | 0,137 | 479 633 | 0,2864 |
| Argent | 36 708 | 7 150 962 | 34 499, 112 |
| Sulfate de cuivre | 1 545 239 | 704 128 | Cuivre : 18 400 |
| Bismuth | 1 066 | 18 699 | |
| Speiss | 7 375 | 5 734 | 970 |
| Zinc | 320 703 | 136 776 | 317 000 |
| Plomb marchand, antimonieux, stanneux, etc. | 3 852 954 | 1 582 917 | |
| Plomb de chasse | 111 218 | 59 778 | 4 253 000 |
| Feuilles de plomb | 455 180 | 200 389 | |
| Tuyaux de plomb | 685 023 | 311 389 | |
| Acide sulfurique | 1 153 229 | 48 545 | Soufre : 4 618 000 |
| Sulfate de fer et sulfate de soude | 806 772 | 661 358 | |
| Produits arsenicaux | 1 020 244 | 354 257 | 461 000 |
| | | 11 714 565 | |

## B. — MARIENBERG

Les environs de Marienberg sont constitués par du gneiss gris que recoupent des filons de grünstein et de microgranulite.

L'exploitation de ce champ filonien date du XVI^e^ siècle; on y a connu des filons d'étain; en 1870, les travaux étaient déjà restreints à la partie N.-O., entre Marienberg et Wolkenstein; la mine n'occupait alors qu'une centaine de mineurs et produisait surtout des minerais d'argent avec un peu de bismuth, de cobalt et de nickel.

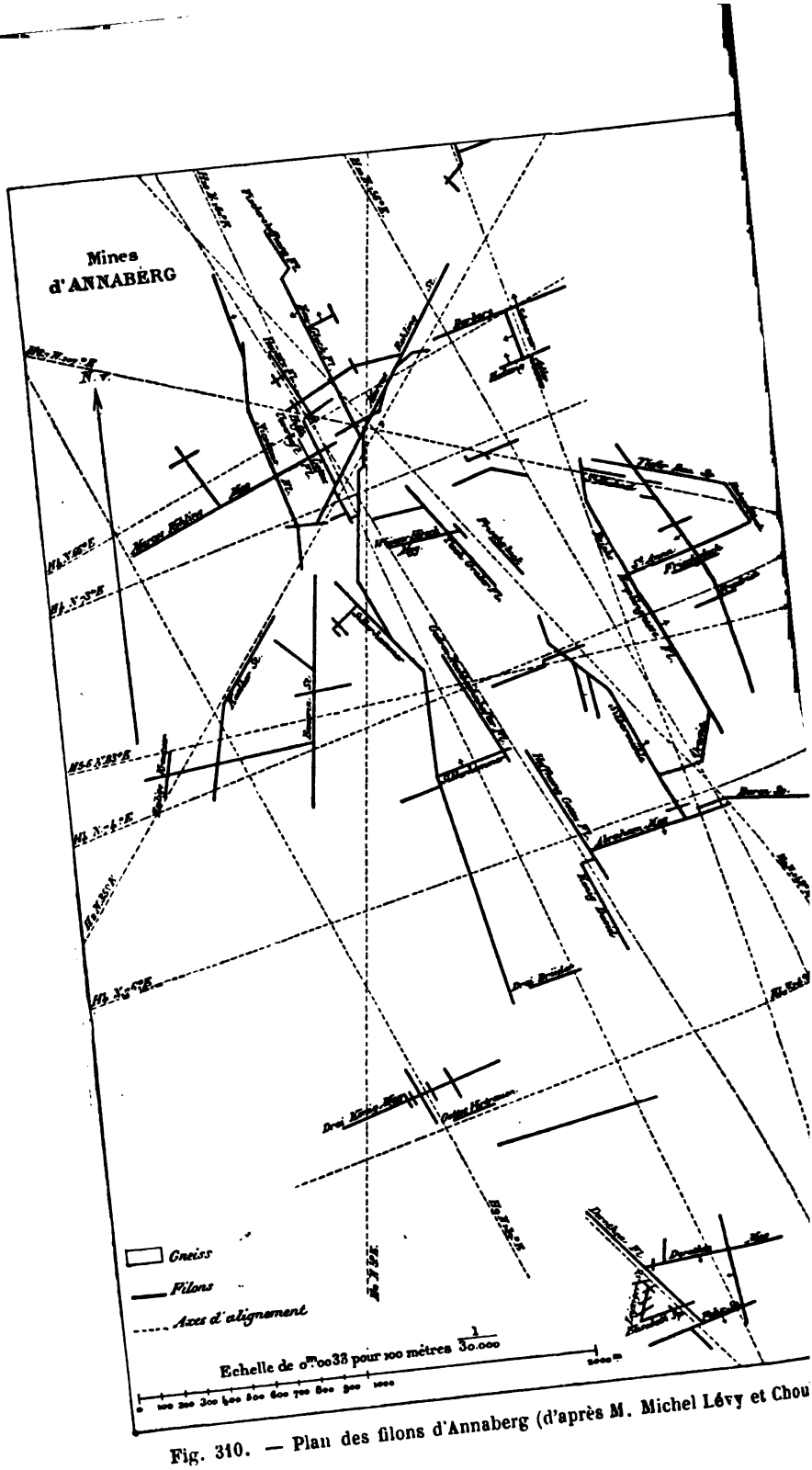



Fig. 310. — Plan des filons d'Annaberg (d'après M. Michel Lévy et Chou

La venue argentifère paraît là concentrée dans les réouvertures $H_5$ et, à leur voisinage, dans les filons $H_{8-9}$ ; elle se compose principalement d'argent rouge, sulfuré et natif, quelquefois de galène riche.

## C. — ANNABERG

*Filons à remplissage barytique et fluoré* (*$V_{3-4}$ de Freiberg*).

La ville d'Annaberg (fig. 310) est située au pied du Pöhlberg et à l'Ouest de ce dôme basaltique ; elle se trouve, elle-même, bâtie sur un escarpement de gneiss.

Les filons, jadis exploités pour minerais d'argent, d'urane, de cobalt, nickel, bismuth et cuivre sont, en partie, abandonnés. En 1870, ils n'occupaient déjà plus qu'une soixantaine de mineurs. En 1891, les seuls travaux ont porté sur l'Himmelfahrt Fundgrube, d'où 10 ouvriers ont extrait 26 tonnes de minerai d'argent et 3 tonnes de bismuth.

Tous contiennent, sans exception, les uns à l'état de remplissage continu, les autres par places et en colonnes, une belle venue, caractéristique ici, de fluorine et barytine avec quartz qui rappelle les venues $V_3$ et $V_4$ de Freiberg. On y trouve rarement les remplissages plus anciens de Freiberg (roche talqueuse et mispickel T; Kiesige formation $V_1$), ou les venues plus récentes (galène pauvre avec minéraux de cobalt, nickel et bismuth et dolomie $V_5$; formation uranifère et argentifère $V_8$).

Les directions principales de fractures sont les suivantes, les deux directions $H_{10}$ et $H_{5-6}$, étant, de beaucoup, les plus importantes :

| | | | |
|---|---|---|---|
| $H_{8-9}$ | — $V_3, V_4$ | à *Freiberg*, | $H_{8-9}$ est postérieur à $V_1$, antérieur à $V_2$ |
| $H_{10}$ | — $V_2, V_4$ | — | $H_{10}$ est postérieur à $V_1$, antérieur à $V_3$ |
| $H_7$ | — $V_5$ | — | $H_7$ est postérieur à $V_3$, antérieur à $V_5$ |
| $H_{5-6}$ | — $V_8$ | — | $V_8$ est concentré dans les réouvertures $H_6$ |

En résumé, les remplissages d'Annaberg présentent, au point de vue de leurs directions et de leur remplissage, une grande analogie avec les filons correspondants de Freiberg ; mais leur importance relative est très différente :

A Annaberg, on n'attache aucune importance à la Kiesige formation $V_1$, et c'est la venue $V_3$-$V_4$ qui intéresse seule. Celle-ci se présente, pour ainsi dire, avec un aspect particulier dans chacun des filons où on l'a suivie.

Donnons-en quelques types :

1° Silbermühle fl. $H_{10}$. La fluorine y domine en masses et gros cristaux, verts, jaunes, violets, etc... L'association complète est la suivante :

*a*. Rother Horn plus ou moins concassé ;

*b*. Fluorine de toutes couleurs avec mouches de cuivre pyriteux, transformé en cuivre gris à la périphérie ;

*c*. Barytine compacte à petites facettes.

2° Getreu Nachbachschafter fl. $H_{10}$. Ici le remplissage est nettement rubané et d'un aspect poreux très caractéristique. Il présente, en général, côte à côte, deux zones, l'une quartzeuse, l'autre barytique.

α. Zone quartzeuse :

*a*. Rother Horn ; quartz grenu rougeâtre en double bande sur les bords de la zone, avec filets d'un rouge mat aux limites de séparation.

*b*. Ce même Rother Horn se trouve, en morceaux cassés, dans un quartz cristallisé vitreux, qui forme le cœur de la zone α et dont les druses renferment certains minéraux de la zone β.

β. Zone barytique :

*a*. Barytine blanche opaque en tables ;

*b*. Dolomie ferrugineuse jaune miel et fer carbonaté en mouches cristallisées soulevant les tables brisées de la barytine et se mélangeant intimement avec une fluorine verdâtre et des mouches de cuivre gris et pyriteux.

Quant à la venue argentifère $V_8$, elle consiste principalement, à Annaberg, en argent rouge, sulfuré et natif ; on l'a trouvée, dans les filons $H_{0\text{-}1}$, $H_9$, $H_{10}$, à leurs croisements avec certaines failles $H_{4\text{-}4}$ : ainsi le Leipsiger St., à son intersection avec l'Elisabeth mgg, a contenu, sur 20 mètres de long et 15 mètres de hauteur, des minerais argentifères pour une valeur de 60 000 francs.

## D. — SCHNEEBERG[1]

*Remplissage sulfuré jeune, principalement cobaltifère.*
*($V_s$ de Freiberg.)*

Le district de Schneeberg est situé au milieu de l'Erzgebirge, sur le versant Nord de cette chaîne de montagnes; il comprend des mines considérables de cobalt, concentrées toutes au voisinage de Schneeberg; les filons qu'elles exploitent appartiennent eux-mêmes à un champ de cassures plus vaste, s'étendant jusqu'à Schwarzemberg, au Sud-Est et jusqu'à Eibenstock, au Sud-Ouest.

L'exploitation des mines de cobalt à Schneeberg, après s'être ralentie au commencement du siècle, avait repris, en 1870, une certaine activité ; les mines principales s'échelonnaient alors, au Sud-Ouest de Schneeberg, dans l'ordre suivant : mines Weisser Hirsch, Gesellschafter Zug, Sieben Schleen, Adam Heber et Wolfgang Maasen. Le nombre des ouvriers occupés était alors de 900 ; la production, en 1870, était de :

| | | |
|---|---|---|
| 212 tonnes de minerais de cobalt, valeur. . | 258 000 | francs. |
| 0 t. 166 d'argent métallique — . . | 33 700 | — |
| 8 t. 300 de nickel métallique — . . | 37 500 | — |
| 14 tonnes de bismuth métallique — . . | 367 000 | — |
| | 696 200 | francs. |

En 1891, les seules exploitations notables du district ont porté sur le Schneeberger kobaltfeld de Neustädtel (600 ouvriers), où l'on a extrait : 12 tonnes de minerais d'argent valant 50 000 francs et 266 tonnes de minerais de cobalt, nickel et bismuth représentant une valeur totale de 647 000 francs. En 1888, la valeur créée correspondante était de 788 000 francs ; en 1889, de 590 760 francs.

Les filons de Schneeberg sont situés au milieu des micaschistes et des schistes argileux qui forment la frontière Ouest du massif de gneiss de la Saxe, dans une portion de ces micaschistes comprise entre les granulites d'Oberschlema et d'Eibenstock, dont les travaux ont montré la jonction en profondeur. Ces granulites ont

[1] Voir page 82.

exercé, sur les schistes, un métamorphisme notable. Ceux-ci sont, en outre, recoupés par des grünsteins et des kersantons.

Les filons métallifères comprennent les groupes suivants :

1° Q. . . Quartz ancien et mica;
2° $S_1$ . . Venue sulfurée ancienne $V_1$;
3° $F_1$ . . Venue ferrugineuse $V_2$;
4° B. . . Venue barytique $V_4$;
5° $S_2$ . . Venue arsenio-sulfurée jeune $V_5$;
6° C. . . Venue de dolomie et calcite $V_7$;
7° A. . . Venue argentifère $V_8$;

Les filons antérieurs à la venue $S_1$ présentent deux directions, l'une généralement stérile $H_3$, l'autre, au contraire, importante, $H_1$ (filons K°nig David, Saint-Michael, Roland, etc.).

Si nous laissons de côté quelques directions sans intérêt, les filons récents forment un groupe entre $H_7$ et $H_{10}$. Contrairement à ce qui se passe à Freiberg, ce sont eux qui dominent ici.

La venue arsenio-sulfurée $S_2$, qui présente ces directions, comprend l'association suivante :

1° Quartz cristallin translucide, à cassure saccharoïde, tout à fait caractéristique (zuckerquartz des Allemands);

2° Arsenio-sulfures de cobalt et de nickel en veinules ou en grains mêlés au quartz cristallin;

3° Bismuth natif en feuilles, ou en baguettes, accompagné, à l'occasion, d'un quartz bleuâtre ou noirâtre;

4° Galène, apparaissant parfois seule dans les régions stériles des filons de cobalt; blende jaunâtre;

5° Minéraux antimonifères.

On rencontre, à l'occasion, dans des filons $H_{6-7}$ et $H_{10}$, cette venue cobaltifère $S_2$ recoupant nettement une première formation métallifère $S_1$, rattachée à la Kiesige Formation de Freiberg.

Si l'on se borne à la venue $S_2$ cobaltifère elle-même, ses caractères sont remarquablement constants.

M. Michel Lévy a fait ressortir quelques rapprochements entre ce champ de filons et celui de Freiberg, très distinct au premier abord. La même série de venues s'y retrouve; mais leur importance est loin d'être la même :

1° La première venue de quartz et sulfures $S_1$ existe également,

dans les deux cas, en filons $H_2$ et $H_3$ ; mais, à Freiberg, les sulfures dominent et sont exploités; à Schneeberg, le quartz stérile constitue la masse ;

2° La venue barytique $B_1$ de Freiberg et Marienberg est peu importante; à Schneeberg, au contraire, la venue ferrugineuse $F_1$ prend, près d'Eibenstock, un développement exceptionnel;

3° Les venues barytique $B_2$ et fluorée $R_1$, abondantes à Freiberg, sont assez rares à Schneeberg ; en revanche, les minerais de cobalt se développent en ce dernier centre ;

4° Les venues de calcite et d'argent sont, à peu près, les mêmes dans les deux cas.

Au point de vue de l'*influence des roches encaissantes*, on peut remarquer les faits suivants :

Les filons anciens sont exclusivement quartzeux et argileux dans les schistes argileux; ils se chargent de quartz et galène dans les micaschistes et, à l'occasion, de cuivre dans les granites (mine König David).

Les filons d'hématite rouge $F_1$ sont exclusivement riches dans le granite et deviennent stériles dans le schiste[1].

Quant au cobalt, on ne voit pas que la traversée des grünsteins ni de toute autre roche ait une influence. La venue cobaltifère, importante à Schneeberg, disparaît à une certaine distance, quoiqu'on reste dans les mêmes couches.

Au passage des schistes dans le granite, il se produit quelques faits à noter. La veine Adam Heber fl. contient de l'hématite et peu de cobalt, dans le granite ; dans les schistes voisins, elle s'est rouverte pour laisser apparaître la venue cobaltifère dont le quartz accompagnant a seul pénétré dans la portion granitique.

## E. — JOACHIMSTHAL

*Remplissage argentifère récent, avec pechblende.* (*$V_8$ de Freiberg.*)

Joachimsthal est situé dans la Bohême allemande, à 16 kilomètres au Nord de Carlsbad, sur le versant Sud et à peu près au

[1] Un de ces filons est rejeté par un dyke de basalte.

milieu de la chaîne de l'Erzgebirge, à 4 kilomètres de la ligne de faîte du massif.

Les premiers travaux remontent au XII^e^ siècle ; ils ont été, au début, assez faciles, les affleurements des filons se trouvant sur une colline d'environ 400 mètres de hauteur, qui domine la vallée de Joachimsthal, en sorte que l'extraction et l'épuisement devenaient très simples.

Les mines les plus importantes (districts Einigkeit et Elias)

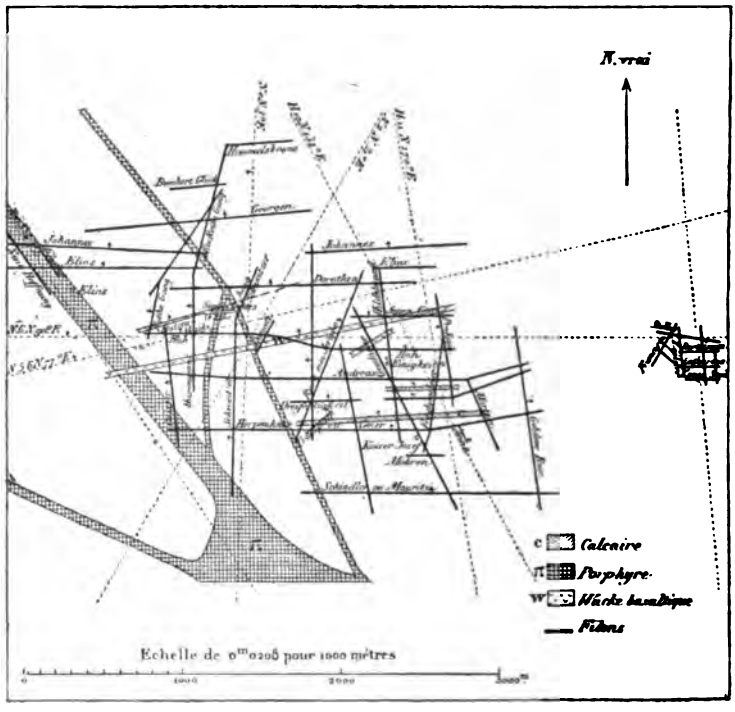



Fig. 311. — Plan des mines de Joachimsthal (d'après MM. Michel Lévy et Choulette).
1. Quartz ancien. — 2, Venue ferrugineuse. — 3. Venue sulfurée. — 4. Venue de l'urane. 5. Venue argentifère.

appartiennent à l'Etat. Une petite société privée exploite aux environs, à Dürnberg, une mine d'Urane [1].

L'ensemble produisait, en 1866 :

| Ag | Pb | Cu | Ni | Bis | V | $U^3O^8$ | Cob |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,254 t. | 49 t. | 12 t. | 2,500 t. | 4,800 t. | 0,022 t. | 3,640 t. | 0,448 t. |

[1] Voir page 181.

Actuellement la production représente environ 40 000 francs d'argent et 4 à 5 000 kilogrammes de sels d'urane par an.

Les filons de Joachimsthal sont situés dans les micaschistes qui enveloppent le grand massif de gneiss de la Saxe. Ces micaschistes renferment, à la mine Einigkeit, un banc de cipolin. On y trouve, en outre, des intercalations d'amphibolite avec magnétite, et des niveaux à scapolite. Les roches éruptives sont représentées par trois dykes de grünstein amphibolique, des porphyres, des basaltes et des phonolithes.

Les filons métallifères offrent, à la fois, les caractères des filons de cobalt, nickel et bismuth de Schneeberg et ceux des filons d'argent de la Saxe; ils contiennent, de plus, en proportion assez notable, un minéral assez rare ailleurs, la pechblende.

Parmi les filons exploités, nous citerons :

L'Hildebrand Gang ayant donné, de 1882 à 1889, 200 tonnes de minerai contenant 1 300 kilogrammes d'argent, 5 592 kilogrammes d'oxyde d'urane, 540 de bismuth et 1 484 d'arsenic, pour une valeur totale de 460 000 francs;

Le Geister Gang, exploité jusqu'à 407 mètres de profondeur;

Le Widersinniger Gang, où l'on a trouvé, dans ces derniers temps, des minerais très riches, le mètre carré de surface de filon représentant, en 1889, plus de 600 francs;

En ce qui concerne les directions, le champ est loin de présenter la complication de ceux de Freiberg; il est possible que la constance d'allure des schistes encaissants y soit pour quelque chose. Les phénomènes de réouverture s'y présentent avec une netteté toute particulière et ne sont pas sans introduire quelque difficulté dans l'appréciation de l'ordre des remplissages.

Le remplissage est essentiellement argileux et constitué par des débris des schistes encaissants, au milieu desquels les minerais sont très irrégulièrement répartis, sans jamais former de filons rubanés. On distingue les venues suivantes :

$V_1$ quartz ancien laiteux, en masses dans les micaschistes, rare dans les filons dont il annonce l'appauvrissement;

$V_2$ quartz ferrugineux, ou rother horn, constituant le premier remplissage des fractures et apparaissant souvent en débris dans les remplissages suivants;

$V_6$. Venue de cobalt, nickel et bismuth avec gangue de quartz cristallin saccharoïde ; le bismuth natif domine avec la smaltine ; on trouve, en outre, de la nickeline et de la pyrite. Les veines, réparties dans l'argile, sont minces (jamais plus de quelques centimètres) et irrégulières ;

$V_7$. La venue de l'urane (pechblende), très particulière à Joachimsthal, a rempli surtout la veine Francisci $H_2$ (mine Dürnberg), où la pechblende se trouve dans l'argile en veines de plusieurs centimètres. En dehors de la pyrite et de la galène, elle a, pour satellite caractéristique et constant, la calcite rouge qui, de son côté, n'est pas toujours accompagnée d'urane. C'est la seule formation de Joachimsthal qui soit concrétionnée. Elle recoupe nettement le cobalt $V_6$ ;

$V_8$. La venue d'argent est importante. Les minerais d'argent, argent natif, argentite, pyrargyrite sont surtout à l'état d'imprégnation, rarement en veinules. On les rencontre souvent en masses noirâtres, poreuses (silberschwärze) contenant de petits cristaux et affectant une disposition en colonnes isolées, déjà remarquable pour l'argent à Freiberg.

En résumé, les minerais utilisés sont des minerais d'argent, de cobalt et de nickel, de bismuth et d'urane.

M. Seifert a retrouvé, en analysant les roches au voisinage : dans les micaschistes, du cuivre, du nickel et du cobalt ; dans les schistes à scapolite, de l'urane ; dans les porphyres, du cuivre et du plomb ; les calcaires, au contraire, ne renferment aucune trace de métaux.

Cependant le cipolin, compris dans les micaschistes, a produit, à son voisinage, un enrichissement notable en argent. Cette affinité de l'argent pour la chaux semble, comme nous l'avons déjà fait remarquer, se manifester assez fréquemment.

Enfin, comme réouverture postérieure à l'argent, il y a lieu de signaler des glissements qui paraissent en relation avec les sources thermales des environs (Carlsbad, Teplitz) ; en approfondissant au-dessous du douzième étage, 540 mètres, le puits Einigkeit, foncé dans le filon Geschieber à plongement vertical, on a rencontré, au sein de cette veine, une source thermale qui s'est élevée de 200 mètres dans le puits en inondant tous les travaux du dou-

zième étage ; ce n'est qu'au bout de deux ans d'épuisement qu'on est parvenu à s'en rendre maître.

## *Bibliographie.*

1778. V. Charpentier. — Mineralogische Beschreibung der Chursächs. Länder.
1802. d'Aubuisson de Voisin. — Mines de Freiberg.
1804. Mohs. — Beschreibung von Himmelfürst. (Freiberg.)
1816. de Bonald. — Journal des mines, nos 226, 227 et 228.
Neumann et Cotta. — Explication de la carte géologique de la Saxe.
1832. V. Beust. — Porphyrgebilde bei Freiberg.
1838. V. Herder. — Der Meissner Erbstollen.
1841. Voigt. — Uber Isak. (v. Leonh. Jahrb, 1841, p. 921.)
1842. V. Beust. — Gangart. der Freib. Refier.
1843. Freiesleben. — Die Sächs. Erzgänge., 1843-1846.
1844. Gatzschmann. — Beitr. z. Gesch. des Freib. Zinnbergbaues. (*B. u. H. z.*, 1844, p. 4, 63, 125.)
1851. Müller et Richter. — Zinn in der Zinkblende bei Freiberg. (*B. u. H. Z.*, 1851, p. 353.)
Müller. — Die Erzgänge Nordwestl. von Freiberg (*Gangstudien*, t. I, p. 101.)
Vogelgesang. — Die Erzlagerstätten südöst von Freiberg. (*Gangstudien*, t. II, p. 10.)
1855. V. Beust. — Uber ein Gesetz der Erzvertheilung auf den Freiberger Gängen.
1856. V. Beust. — Die Erzgangzüge im Sächs. Erzgebirge.
1856. Vogl. — Gangverhältnisse und mineral Reichthum Joachimsthals.
1857. Müller. — District métallifère de Schneeberg. (*Gangstudien.*)
1856. von Cotta. — Minéraux des filons de Freiberg. (*Ann. d. M.*, 5e, t. XVIII, p. 649.)
1859. von Cotta. — Uber die Erzführung der Freiberger Gänge.
1859. von Cotta. — Die Erzzonen im Sachsigen Erzgebirge. (*B. u. H. Z.*)
1863. Müller. — (Berg. und Hüt. Zeit., 1er juillet 1863.)
Geinitz. — Bassins houillers de la Saxe.
1866. Carte de Freiberg par Weinhold, complétée par Müller.
Oppe. — Gangstudien.
1869. Jahrb. f. d. B. u. H. M. (Statistique de Freiberg.)
1869. Forster. — District d'Himmelfürst.
* 1870. Michel Lévy et Choulette. — Champs de filons de la Saxe et de la Bohême Septentrionale. (*Ann. d. M.*, 6e, t. XVIII, p. 117.)
1870. Frazer. Freiberg smelting process.
1873. V. Dechen. — Die nutzb. Miner. im deutsch. Reich., p. 652.
187 . Wappler. — Technische Fortschritte und Verbesserungen beim Freiberger Bergbau.
1875. Grand. — Sur le traitement métallurgique des minerais à Freiberg. (*Ann. d. M.*)

1876. Laube. — Geologie des Böhmischen Erzgebirges (Prague), 1re partie.
Neubert. — Beitrage zur Geschichte der Grube Himmelfürst.
Neubert. — Gang Verhältnisse bei Himmelfürst Fundgrube.
1879. Groddeck, p. 294.
1883. d'Achiardi. — I minerali, I. p. 173.
1884. Fontaine. — Journal de voyage manuscrit à l'École des Mines.
1884. Babaneck. — Erzführung der Joachimsthales Gänge. (Œst. Zeit.)
1885. Sandberger. — Untersuchungen über Erzgänge. Wiesbaden.
1885. Capacci. — Mines de Freiberg. (*Cuyper*, t. IX, p. 229.) (Avec plan et coupe des mines d'Himmelfürst.)
Geognostische Übersichtkarte der Umgebung von Freiberg.
1887. Laube. — Geologie des böhmischen Erzgebirges. 2e partie.
1889. Babaneck. — Die uranhältigen Skapolit Glimmerschiefer, von Joachimsthal. (Œst. Zeit. 1889.)
1889. Davies, p. 85.
* 1891. V. Friese et Göbl. — Geol. bergm. Karte nebst Bildern von den Erzgängen in Joachimsthal (Wien). 1 vol. avec planches, contenant une bibliographie antérieure.
* 1892. Jahrbuch für das Berg ünd Hüttenwesen im Königreich Sachsen (Freiberg). Voir la collection complète de cette publication annuelle.

## 2° GISEMENTS DE PLOMB DANS LES CALCAIRES AVEC PHÉNOMÈNES DE SUBSTITUTION

Lorsque les eaux métallifères, au lieu de circuler dans des fentes aux parois inattaquables, sont arrivées dans des calcaires, elles les ont, en général, imprégnées et progressivement dissoutes en substituant de la galène à la calcite. Tantôt il s'est formé ainsi un calcaire à mouches de galène comme celui de Sala (Suède)[1], comparable aux calcaires blendeux de Malfidano ; tantôt des couches plus continues de galène, comme celles du Laurium et de divers gisements américains, ou des amas lenticulaires analogues à ceux de calamine. C'est le cas des gisements européens du Derbyshire dans le carbonifère, de Littai (Styrie) et de la région alpestre dans le trias ; c'est ce qui est arrivé également pour de très importants gîtes américains, probablement d'âge tertiaire, mais concentrés : ceux du Haut-Mississipi, dans l'infrasilurien ; du Wis-

[1] Il est souvent difficile de distinguer, en pratique, ces imprégnations postérieures de celles qui résultent d'une précipitation contemporaine du dépôt (comme en Silésie). A Sala, particulièrement, le mode de formation est très discutable.

consin et d'Eureka, dans le silurien; d'Emma Mine et de Leadville, dans le carbonifère.

Souvent cette galène, au milieu de roches aussi perméables aux eaux superficielles que les calcaires, a été postérieurement transformée en carbonate jusqu'à une profondeur assez grande, dans des conditions que nous avons déjà étudiées à propos du zinc : ainsi à Leadville, Eureka, etc. La pyrite, qui accompagnait la galène et s'est changée alors en oxyde de fer, a pu ainsi produire simultanément, dans quelques gisements des Etats-Unis, du Mexique, etc., une concentration aurifère dans des ocres ou des hématites associées aux carbonates.

Enfin, il est arrivé quelquefois, dans les calcaires, que des grottes, comme il s'en forme encore si souvent aujourd'hui, ont préexisté à la venue métallifère et ont été remplies par elle. Pour le zinc, nous avons déjà signalé la possibilité de ce genre de phénomènes; pour le plomb, nous en trouverons des exemples à Raibl, en Carinthie et, d'après M. Lecornu, dans le Derbyshire.

## GÎTE DE PLOMB ARGENTIFÈRE DE SALA (SUÈDE) [1]

Les mines de plomb argentifère de Sala sont situées au Nord de Stockholm, sur la ligne de Stockholm à Fahlun, entre Upsala et Norberg.

Leur exploitation remonte au VI[e] siècle et a eu surtout une grande activité, il y a deux cents ans. La mine, qui appartenait à l'Etat, vient d'être revendue, par deux fois, dans ces dernières années et est actuellement en réorganisation. On estime sa production à environ 2 400 tonnes de plomb, tenant jusqu'à 700 grammes d'argent aux 100 kilogrammes, c'est-à-dire très riche en argent.

Le gisement se compose d'amas de galène argentifère intercalés, probablement par substitution, au milieu d'une lentille de calcaire dolomitique rapportée au terrain primitif, avec enrichissement le long de certains filons de skölar [2].

[1] Notes de voyage de l'auteur en 1890.

[2] Cet enrichissement résulte, peut-être, d'actions analogues à celles que nous étudierons pour les fahlbandes de Kongsberg.

La région comprend : à l'Ouest et au Nord, des gneiss amphiboliques contenant un peu d'oxyde de fer, qui parfois est exploité; à l'Est, des schistes talqueux limités par du granite ; entre ces deux formations, une lentille calcaire, dirigée du S.-S.-O. au N.-N.-E., de 10 kilomètres de long et d'une épaisseur maxima de 3 600 mètres.

Ce calcaire se présente avec des alternances de couches grenues et saccharoïdes contenant des minerais et des couches lamelleuses stériles. Le calcaire grenu métallifère est riche en magnésie [1]; on y trouve des feuillets micacés, qui ressemblent à des alternances (très irrégulières) de micaschiste, du talc, de l'amphibole et de la serpentine.

A travers le massif calcaire, il existe, en dehors des minerais (dont nous parlerons en dernier lieu), un certain nombre de filons de natures diverses.

Ce sont, tout d'abord, des veines dites *sköl* ou *skölar*, qui se présentent comme des remplissages de failles, sous forme d'une brèche à aspect assez récent, à éléments empruntés aux épontes, souvent très gros (près d'un mètre de diamètre), ressoudés par du talc et de la calcite (breccia). Le principal de ces filons de skol est le sköl de Storgrufvan, d'où se détachent 7 sköl secondaires à l'Est et 5 à l'Ouest. Son épaisseur, de 4 à 20 mètres à l'affleurement, descend jusqu'à 1 mètre en profondeur. En dehors du talc vert grisâtre, qui forme le remplissage principal, on trouve, dans les sköl, quartz, calcite, diopside (malakolite), galène, blende, pyrite et mispickel, en sorte qu'on les a comparés aux falhbandes de Kongsberg.

En outre, il existe quelques filons de *diabase*, dirigés de l'E.-N.-E. à l'O.-S.-O., ayant de $0^m,50$ à $0^m,70$ d'épaisseur, filons antérieurs aux sköl, qui les recoupent, souvent avec un rejet très prononcé.

Les *minerais*, dont le principal est la galène argentifère, forment, non des filons, mais des lentilles d'imprégnation à contours mal définis et dont l'épaisseur varie de quelques centimètres à plusieurs mètres. Ils sont concentrés, dans l'épaisseur d'une couche calcaire, entre deux plans verticaux, en sorte que l'aspect d'une

[1] Nous avons déjà fait remarquer à diverses reprises la richesse spéciale en minerais de zinc et plomb des calcaires magnésiens. (Voir p. 372 et 454.)

coupe en travers et souvent celui des excavations de la mine ressemblent à un filon. Au voisinage, le calcaire est généralement disloqué, affecte l'apparence d'une brèche calcaire à ciment de galène. Quelques veines de calcite accompagnent le minerai.

On a remarqué que la bande de minerai suivait, à peu près, le filon de sköl de Storgruvan. Elle se trouve d'abord à son toit et à l'Ouest, puis le rencontre à 160 mètres et passe au mur. La partie la plus riche est comprise entre 150 et 200 mètres, c'est-à-dire près de l'intersection avec le sköl; la zone exploitée y atteint 50 à 60 mètres de large.

Le minerai entre pour environ 25 p. 100 dans le tout venant. Il contient de 3 à 4 p. 100 de plomb, sous forme de galène — ce plomb, à son tour, renfermant 0,70 p. 100 d'argent. — On y trouve, en outre, de la pyrite de fer, de la blende, dont la proportion tend à augmenter vers l'Ouest, de la magnétite, du mispickel, du sulfure d'antimoine, très rarement de la pyrite de cuivre.

On a pu constater la présence, outre l'argent combiné, d'un peu de minerai d'argent proprement dit, à l'état, soit d'argent natif, soit de sulfure ou d'antimoniure. En traitant, en effet, ce minerai par le procédé Russel, au moyen d'une dissolution d'hyposulfite de soude et de sulfate de cuivre pendant deux heures, on dissout une assez forte proportion d'argent, alors que l'argent combiné ne serait pas attaqué. La dissolution contient l'argent à l'état d'hyposulfite double d'argent et de soude, qu'on précipite par le sulfure de sodium et qu'on isole en le comprimant entre une série de feutres. Cette opération, qui donne du sulfure d'argent avec un peu d'or et de mercure, démontre également la présence de ces deux derniers métaux dans le minerai.

On remarque à Sala que, contrairement à une opinion généralement admise, la proportion d'argent n'est pas plus forte dans la galène à petits qu'à gros éléments.

La géogénie de ce gisement est assez difficile à concevoir. Aussi a-t-il été décrit de bien des façons différentes : par Hausmann, comme une couche ; par M. Daubrée, comme un filon ; par Hisinger, comme une imprégnation de calcaire en relations avec les filons de sköl. On a soutenu également que le minerai y était arrivé, non pas à l'état d'eau thermale, mais en vapeur.

Il nous semble qu'il faut voir là, avec Hisinger, une imprégnation du calcaire par des eaux ayant suivi une direction générale de cassure, ayant pénétré dans le calcaire grenu en profitant de sa porosité et ayant substitué la galène à la calcite par réaction chimique. Il est, d'ailleurs, possible que les filons de skö̈l, où l'on a constaté parfois la présence d'un peu de galène (peut-être secondaire) aient joué une action enrichissante analogue à celle constatée à Kongsberg.

Quant à apprécier l'âge de ces venues de plomb argentifère, nous n'en avons aucun moyen. Tout ce que nous pouvons dire, c'est qu'elles sont postérieures aux diabases, comme les filons d'argent de Kongsberg aux orthophyres.

**Métallurgie.** — Après préparation mécanique très complète et grillage, le minerai est fondu au four à cuve avec addition d'un peu de minerai plombifère étranger, plus riche en plomb et en minerai de fer; puis le plomb d'œuvre passe à la coupellation.

*Bibliographie.*

1816. Haussmann. — Reise durch Skandinavien, t. IV, p. 268.
1826. Hisinger. — Mineral Geogr. Schwedens.
1846. Daubrée. — Gisements de Scandinavie.
1855. Durocher. — (*Ann. d. M.*, 4e série, t. XV.)
1861. Cotta, p. 528.
Weterdal. — Description des gîtes de Sala.
1886. Chapuy. — Journal de voyage manuscrit à l'École des Mines.
1890. Weiss et Leproux. — Journal de voyage à l'École des Mines.
1890. L. de Launay. — Notes de voyage inédites.

## GITES DE PLOMB DU DERBYSHIRE ET DU CUMBERLAND

Les gisements de galène du Derbyshire et du Flintshire, formés d'un réseau de fissures dans le calcaire carbonifère, ont été l'objet d'une exploitation active; ils doivent encore, aux descriptions que leur ont consacrées de la Bèche, Dufrénoy et Elie de Beaumont et,

plus récemment, M. Lecornu, un réel intérêt théorique[1]. Mais les mines, qui se sont rapidement appauvries en profondeur et ont été, en outre, envahies par les eaux, ne produisent plus que fort peu de minerai : 2 200 tonnes de galène en Derbyshire, et à peu près autant en Flintshire.

Le calcaire carbonifère forme, dans le Derbyshire, un mamelon central, autour duquel s'échelonnent et se superposent des terrains de plus en plus récents : millstone grit, puis terrain houiller.

Ce calcaire carbonifère, composé, à sa partie supérieure, de couches marneuses minces, plus bas, de bancs compacts, com-

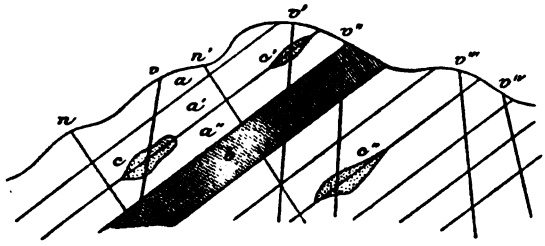



Fig. 312. — Coupe théorique des gîtes de plomb du Derbyshire, d'après M. Lecornu.

*a*, *a'*, *a''*, bancs de calcaire ; *b*, toadstone ; *c*, *c'*, *c''*, pipes ; *n*, *n'*, scrins ; *v*, *v'* *v''*, rakes.

prend des intercalations très particulières d'une roche à cristaux d'augite, plagioclase, fer oxydulé, souvent d'olivine et d'apatite, roche parfois compacte comme un basalte, ailleurs amygdaloïde ou scoriacée, que l'on appelle *toadstone* et qui passe parfois à de véritables cinérites. Les toadstones, d'une épaisseur très inégale (de 3 à 33 mètres) et très inhomogènes, jouent un rôle important au point de vue métallifère ; car les filons s'y rétrécissent et y deviennent stériles. Il semble qu'ils se soient produits à diverses époques : les uns, pendant le dépôt même du calcaire, comme paraît le prouver, d'après de la Bèche, l'existence de fragments de toadstones dans les calcaires surperposés ; le plus grand nombre postérieurement au carbonifère et à l'état d'intrusions, comme l'indique l'existence, à Kniviton, de toadstone au milieu du Yoredale grit (base du millstone grit), comme le ferait croire également, d'après Elie de Beaumont, le peu de régularité des

[1] C'est la théorie de M. Lecornu que nous allons indiquer.

surfaces qui les limitent. On sait que la fin du carbonifère a été marquée par un plissement violent de toute la région, plissement qui a imprimé à sa stratigraphie son allure caractéristique ; les toadstones seraient en corrélation avec ce mouvement.

Les filons de galène, localisés dans le calcaire carbonifère, comprennent :

1° Des veines verticales, $v$, $v'$, $v''$, $v'''$, dites *rakes*, traversant tous les lits, même le toadstone ;

2° Des joints normaux aux couches, $n$, $n'$, dits *scrins*, traversant rarement le toadstone ;

3° Des cavités irrégulières $c$, $c'$, $c''$, dites *pipes*, ressemblant à des grottes, qui auraient été creusées antérieurement suivant les plans de stratification et qui correspondent avec les filons par des couloirs plus ou moins étroits ;

4° Des intercalations dans les lits, dites *flat works*.

Lorsqu'on examine une région de calcaires actuelle avec ses diaclases élargies, ses avens, ses cavernes et que l'on suppose, à la suite d'un mouvement de dislocation quelconque, les chemins complexes que suivraient des eaux métallifères y pénétrant, on se fait facilement une idée de la façon dont se sont constitués les rakes, scrins, pipes et flats ; il n'y a, en effet, aucune raison pour supposer que les plateaux calcaires émergés ne présentaient pas, dans les temps géologiques anciens, le même aspect qu'aujourd'hui.

Cependant on est parti de cette observation (William Wallace, etc.) que les toadstones et veines argileuses interrompaient, 260 fois sur 280, les filons (au moins, au point de vue industriel) pour soutenir que les gisements du Derbyshire étaient le simple résultat d'une exsudation des calcaires encaissants. Cette interruption nous semble une conséquence toute naturelle de ce que l'on peut savoir sur les phénomènes mécaniques de fracture du sol : d'une façon générale, des cassures, nettes et franches dans une roche compacte comme le calcaire, disparaissent, s'éparpillent et se coincent dans des roches tendres ou simplement plus élastiques. Le fait que certaines veines pénètrent, en effet, dans la roche éruptive en se ramifiant[1] ou se réduisant, l'existence de certains filons ayant

[1] A Sevenrakes, près Hightor, le filon, dans le toadstone, se divise en plusieurs veines parallèles contenant encore de la galène.

rejeté le toadstone en y produisant un brouillage, sont bien d'accord avec cette idée. D'ailleurs, il est très possible que, postérieurement à l'ouverture de la fente, des eaux acides ou simplement chargées d'acide carbonique, y aient circulé avant l'arrivée des eaux métallifères et l'aient élargie dans le calcaire en la laissant intacte dans le toadstone.

Le remplissage est formé surtout de galène peu argentifère, de peu de blende et, rarement, de cuivre (avec une gangue de barytine et spath fluor, accessoirement de calcite). Généralement, le long des épontes, on trouve d'abord un enduit de sulfate de baryte et de spath fluor, puis une certaine épaisseur de galène, pouvant être, soit en une seule masse (un seul rib of ore), soit en deux veines séparées par un dépôt spathique, ou encore en trois veines avec deux dépôts spathiques intercalés. Quand les deux enduits des épontes se rejoignent et que la galène disparaît, le filon est dit pincé. On y trouve parfois des remplissages pierreux, dits *dowkys*, formés de marnes, de sables ou de conglomérats introduits par en haut et dans lesquels M. Ch. Morre a découvert des fossiles du rhétien et du lias avec ceux du carbonifère.

D'une façon générale, les filons s'appauvrissent toujours en profondeur :

Ainsi, à Pearsons Venture, on exploita avec profit jusqu'à 144 mètres. Là le filon, entrant dans le toadstone, devint stérile; au bout de 20 mètres, il reprit sa richesse en ressortant dans le calcaire; à 210 mètres, il s'appauvrit définitivement. A Glory mine, on a abandonné à 240 mètres; à Oldend, à 270 mètres; du reste, on ne doit pas oublier que les difficultés croissantes d'extraction et surtout d'épuisement ont eu certainement une part considérable dans cet abandon.

Le cuivre, puis le zinc disparaissent, quand on s'approfondit, avant le plomb.

En *Flintshire*, au contraire, d'après M. Moissenet, la blende se rencontre en profondeur; la gangue y est d'ailleurs exclusivement spathique (sans fluorine ni barytine) et les filons moins inclinés qu'en Derbyshire.

*Bibliographie.*

1811. Farey.— A general view of the agriculture and minerals of Derbyshire.
de la Bèche. — Geological observ.
1837. Dufrénoy et Élie de Beaumont. — Voyage métallurgique en Angleterre.
1857. Moissenet. — Gisement du plomb dans le calc. carbon. du Flintshire. (*Ann. d. M.*, 5e, t. XI, p. 321.)
1860. Geology of the carboniferous limestone, Yoredal rocks and millstone grit of the North Derbyshire. (*Geological survey.*)
1861. Cotta. — Erzlagerstätten, t. II, p. 494.
* 1879. Lecornu. — Mémoire sur les filons de plomb du Derbyshire. (*Ann. d. M.*, 7e série, t. XV, p. 1.)
1879. Groddeck, p. 332.

## GÎTE DE PLOMB ET MERCURE DE LITTAI (CARNIOLE)[1]

La mine de plomb et mercure de Littai, en Carniole, n'est exploitée que depuis 1878 et a atteint rapidement une assez

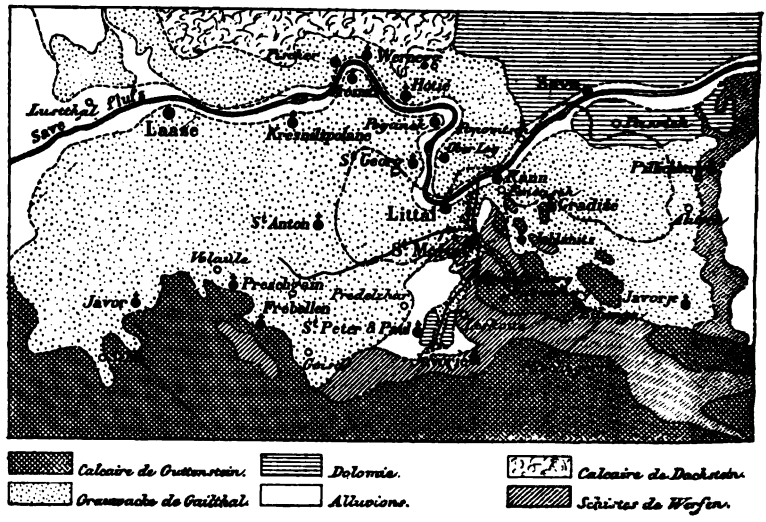



Fig. 313. — Carte géologique de la région de Littai (Carniole).
Echelle au $\frac{1}{30.000}$.

grande prospérité. Au point de vue géologique, le gisement présente l'association, assez rare dans une même exploitation, de la

[1] Notes de voyage de l'auteur en 1883.

galène et du cinabre. Un atelier de préparation et une fonderie, annexés à l'exploitation, ont produit, en 1881, 12 649 tonnes de plomb ; en 1891, la production s'est réduite à 166 tonnes de galène (120 tonnes de plomb, plus 516 tonnes provenant de minerais d'autres mines), et 1 452 tonnes de minerai de mercure (5 939 kilogrammes de mercure). On a, en outre, obtenu, en 1891, avec des galènes et des schlichs argentifères venant de Rabenstein (Tyrol), Bleiberg (Carinthie), etc., 37 tonnes de plomb d'œuvre et 35 kilogrammes d'argent.

**Constitution géologique.** — Aux environs de Littai, la coupe géologique des terrains est la suivante :

| | |
|---|---|
| Trias inférieur. . . . . | 1, Dachstein Kalk;<br>2, Dolomie;<br>3, Guttensteiner Kalk (Muschelkalk);<br>4, Schistes de Werfen; |
| Carbonifère . . . . . | 5, Grauwacke de Gailthal. |

La Save coule, auprès de la mine, entre deux coteaux formés par la grauwacke de Gailthal, que surmonte, en certains points, le calcaire de Guttenstein. Les métaux apparaissent à l'état d'imprégnation dans une strate de la grauwacke ; celle-ci plonge, sous le trias, dans l'intérieur de la colline ; à l'époque de notre visite, en 1883, on recherchait, dans cette direction, le prolongement du gîte : ce qui a peut-être permis de déterminer son âge d'une manière précise. Les grauwackes du mur et celles du toit sont souvent très argileuses ; celle du mur semble être à plus gros grains et plus chargée de fer.

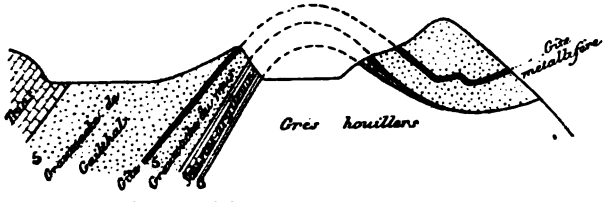



Fig. 314. — Coupe schématique du gîte plombifère de Littai.

Le minerai est réparti dans une couche, qui a jusqu'à 3 mètres d'épaisseur ; il est parfois très compact ; le plus souvent, il affecte

une allure bréchiforme et présente des noyaux de carbonate de fer, des fragments de grauwacke cimentés par de la galène. On y trouve, avec la galène, de la barytine, un peu de blende, de pyrite de cuivre et malachite, de pyrite de fer, etc. Le cinabre apparaît surtout au voisinage de fentes qu'on a considérées comme postérieures.

De nombreuses failles coupent et rejettent la couche métallifère ; auprès de quelques-unes, on rencontre, en abondance, la cérusite, en baguettes blanches soyeuses, qui arrive ici à constituer un véritable minerai.

Enfin il y a lieu de noter qu'au-dessous du gîte il existe, dans la formation carbonifère, beaucoup de carbonate de fer.

Voici l'interprétation qu'on a donnée de cette formation :

Il y aurait eu originairement, dans le terrain de grauwacke, une couche de carbonate de fer analogue à celles qui se trouvent si fréquemment à cet étage. Plus tard (peut-être à l'époque triasique) des eaux chargées de sulfure seraient venues corroder cette couche en laissant subsister, au milieu de la galène, des débris de carbonate de fer inaltéré. Le carbonate de fer décomposé aurait donné de l'acide carbonique, dont la plus grande partie se serait dégagée, dont une part aurait contribué à former cette proportion exceptionnelle de carbonate de plomb [1] ; en même temps, il se serait produit de l'oxyde de fer, qui aurait enrichi, ainsi que nous l'avons remarqué, la grauwacke du mur.

Ce qui pourrait, à la rigueur, confirmer cette idée, c'est que l'hypothèse d'une formation de dépôt concrétionné paraît difficilement admissible ici : il n'existe pas de salbandes, et l'argile, qu'on trouve au contact de la galène, semble un résidu de l'action des eaux métallifères sur la grauwacke argileuse de Gailthal, dans laquelle le carbonate était compris. Quant à admettre que le plomb est ici, comme dans la Prusse rhénane, par exemple (à Commern, à Mechernich), de l'âge même des couches carbonifères où on le rencontre, c'est une idée que son allure bréchiforme

[1] Les parties du gîte que nous avons pu voir, en 1883, étaient encore très voisines des affleurements, et il est fort possible que le carbonate de plomb y fut simplement, comme dans les autres gîtes que nous étudierons, un produit d'altération superficielle, sans qu'il soit nécessaire d'avoir recours à l'hypothèse, un peu compliquée, que nous indiquons.

rend peu vraisemblable. Nous aurions donc, à Littai, un gisement l'origine hydrothermale, dont l'âge pourrait être triasique.

Quant au mercure, remarquons que, par une coïncidence assurément fortuite, il se trouve ici, comme à Idria et comme à Neumarkt (Potocnig), dans la même région, où il est également associé à de la galène, dans les schistes de Gailthal. Il enveloppe fréquemment, dans la roche bréchiforme, des noyaux de galène : ce qui ferait croire qu'il est arrivé à la fin de cette venue sulfureuse triasique.

## GÎTES DE RAIBL, TARNOWITZ, BLEIBERG, ETC.

Nous avons eu l'occasion, à propos du zinc[1], de parler incidemment de quelques gisements de plomb intercalés dans les calcaires du trias allemand : en particulier, de ceux de Raibl, célèbres par les travaux de Poszepny[2], qui sont situés dans des calcaires et dolomies du Keuper, au-dessous des couches schisteuses de Raibl et de ceux de Tarnowitz, dans le muschelkalk de Haute-Silésie. Nous ne les mentionnerons ici que pour mémoire.

Dans la même région que Raibl, d'autres exploitations de plomb ou de zinc sont développées au Bleiberg carinthien, à Greifenburg, à Villach, à Klagenfurth, etc.

Les mines fameuses du *Bleiberg*[3], au N.-O. de Villach, et presque à la limite du trias et du terrain primitif, dans le trias, comprennent deux groupes de filons à peu près perpendiculaires. Elles ont fourni, en 1881, 3 910 tonnes de galène, donnant 4 590 tonnes de plomb, plus 2 000 tonnes de bende et 120 tonnes de wulfénite, arrivant à constituer un véritable minerai de molybdène. En 1891, la production a été de 4 055 tonnes de plomb. La galène, fondue sur place, est très pauvre en argent (à peine un gramme par tonne).

[1] Page 425.

[2] Poszepny. Die Blei und Galmei Erzlagerstätten von Raibl in Kärnten. — Raibl a produit, en 1891, 790 tonnes de plomb (1 329 tonnes de schlichs).

[3] Notes de voyage de 1883.

## GISEMENTS DE PLOMB DANS LES CALCAIRES DU MISSISSIPI, DU WISCONSIN ET DE L'UTAH

**Haut Mississipi.** — Il existe, dans le *Haut Mississipi*, des gisements de plomb importants dans des niveaux calcaires appartenant au groupe silurien de Trenton et s'étendant sur une surface de 140 milles géographiques carrés, à travers les Etats de Wisconsin, Illinois et Iowa.

L'attention fut d'abord appelée sur ce district, en 1700, par Le Sueur. En 1788, Dubugue, un Français, y installa une exploitation, qui, depuis, n'a pas été interrompue. En 1847, ces mines étaient arrivées à produire 24 145 tonnes de plomb métallique ; plus tard, elles ont décru peu à peu : en 1853, la production n'était que de 13 307 tonnes ; en 1876, de 6 812 tonnes.

La constitution géologique de la région comprend :

| | | TYPES ANGLAIS | |
|---|---|---|---|
| Cambro Silurien | | Calcaire de Bala | Calcaire du Niagara. |
| | | Etage de Llandeilo | Calcaire *galénifère*. |
| | | | Calcaire de Trenton à Orthoceras, etc. |
| | | | Grès, schistes, etc. |
| | | | Calcaire magnésien inférieur. |
| | | | Limite inférieure des roches galénifères. |
| Cambrien | Supérieur | Lits de Lingula et Trémadoc | Grès blanc de Potsdam. |
| | | | Schistes fossilifères. |
| | Inférieur | Lits de Bangor | Calcaires dolomitiques. |
| | | | Grès noirs. |

Les gisements exploités se présentent surtout dans la partie supérieure du calcaire de Trenton, parfois dans le calcaire à *orthoceras* ou, plus bas, dans le calcaire magnésien inférieur ; ils disparaissent dans les grès de Potsdam.

Le calcaire chargé de galène est d'un gris jaune, dur et compact. La figure 315 montre comment le plomb s'y rencontre : en fentes verticales 1 ; en filons couches (flat openings) 2 ; en poches 3.

Si l'on examine le détail d'une fissure verticale, on a la figure 316.

L'exploitation est descendue jusqu'à 40 mètres de profondeur.

La direction des filons est généralement Est-Ouest. Leur largeur habituelle est de 0,30 à 0,60; mais, exceptionnellement, ils atteignent jusqu'à 10 mètres. Ils sont remplis d'une argile ferru-

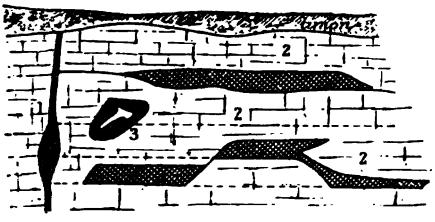



Fig. 315. — Coupe théorique du calcaire à gisements de galène du Wisconsin, montrant les filons (lodes), 1, les amas horizontaux (flats), 2. et les poches (pockets), 3.

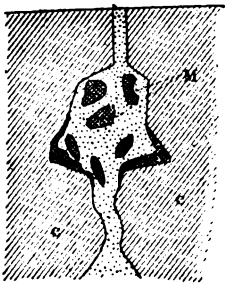



Fig. 316. — Coupe du dépôt de plomb de la mine Williams et C° (Wisconsin) (d'après Davies).

c, calcaire. — M, minerai.

gineuse rougeâtre contenant des fragments de la roche encaissante, des noyaux de galène et de calcite. Dans les couches horizontales, la gangue habituelle est de la calcite, le minerai est arrivé avec de la calamine, de la blende et de la pyrite de fer.

Les calcaires du mur sont très fossilifères et quelques géologues américains ont supposé que ces matières organiques avaient pu avoir une influence sur la précipitation des sulfures.

**Wisconsin.** — A *Minéral Point*, dans le Wisconsin, la coupe est la suivante :

| | |
|---|---|
| Calcaire jaune plombifère, | 25 mètres. |
| Niveau de plomb supérieur, | 1 à 2$^{m}$,50. |
| Calcaire bleu, | 3 à 4 mètres. |
| Niveau de plomb moyen, | 1 à 2$^{m}$,50. |
| Calcaire, | 4 à 5 mètres. |
| Niveau de plomb inférieur, | 1$^{m}$,50 à 2$^{m}$,50. |
| Calcaire bleu argentifère, | 0$^{m}$,30 à 1 mètre. |

On a signalé, dans cette région, ce fait curieux d'une grotte où des os d'éléphant et de chauve-souris avaient été trouvés im-

prégnés de galène et reposant sur un dépôt sableux, qui prouvait que la grotte était antérieure au minerai. Avant d'en conclure, comme on l'a fait, que l'ensemble de la venue plombifère était très récent, il aurait convenu de s'assurer, par un examen minutieux, si l'on n'avait pas affaire, comme nous le croyons, à un phénomène de rédissolution et de recristallisation secondaires.

### *Bibliographie.*

1854. WHITNEY. — Metallic wealth..., p. 404.
1862. WHITNEY. — Rep. of a geol. survey of the upper Mississipi Lead Region (Albany).
1862. Berg. u. Hütten Zeitung, 1862, p. 310. (C. R.)
1879. GRODDECK, p. 323.
1877. MOSES STRONG. — Geology of Wisconsin.
*Engineering and mining journal*, t. XXVI.

**Utah.** — Dans la région métallifère de l'*Utah*, que nous avons déjà eu l'occasion de mentionner à propos de la mine de Bingham, on trouve, au milieu des monts Wahsath, sur le little Cottonwod Creek, à 20 milles à l'Est du grand lac Salé, un certain nombre de mines de galène argentifère : *Emma Mine*[1], Flagstaff, Silverstar, Exchequer, etc...

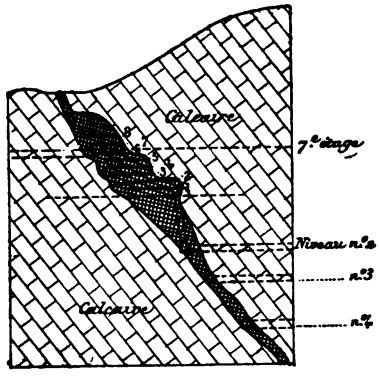



Fig. 317. — Coupe verticale du grand amas de minerai de la mine Emma (Nevada) (d'après Davies).
Echelle au $\frac{1}{2850}$.

Quand on s'y rend à partir du lac, on a une bonne coupe naturelle de la région :

Près de l'embouchure de la rivière, à l'Ouest, de grands pics de granite s'élèvent couverts de neige. C'est ce granite de couleur gris clair qui a servi à construire le temple des Mormons de l'Utah. En continuant, on trouve, au-dessus du granite, des quartzites rougeâtres, puis des schistes

[1] La mine Emma a eu une histoire assez curieuse. Le minerai découvert et envoyé à Swansea avait rendu 600 francs d'argent à la tonne. La moitié de la mine fut

avec des bancs calcaires classés dans le cambrien silurien et l'on passe enfin brusquement dans les calcaires dolomitiques massifs du carbonifère où se trouvent les gisements.

Ceux-ci ont la forme d'une zone minéralisée d'environ 80 mètres d'épaisseur, suivant à peu près la stratification et contenant des fragments de brèche calcaire cimentés par de la galène avec des poches de minerai terreux. Un élargissement, qu'on peut voir sur la coupe 317, a fait, un moment, la fortune de la mine Emma. Il est figuré au puits Woodman's ou de la Découverte; plus au Sud-Est, au puits Emma, il est moins étendu.

La galène contenue est très argentifère. L'analyse du minerai de première classe donne :

| $SiO^2$ | Pb | S | Sb | Cu | Zn | Mn | Fe | Ag | $Al^2O^3$ | Mgo | Cao | $CO^2$ | O et HO |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 40,90 | 34,14 | 2,27 | 2,27 | 0,83 | 2,82 | 0,15 | 3,54 | 0,48 | 0,35 | 0,25 | 0,72 | 1,50 | 9,58 |

Sur une prise d'essai de ce minerai, on a trouvé 156 onces d'argent à la tonne ; sur les minerais de la seconde classe, 25 onces.

L'absence presque complète de calcite dans ces minerais situés au milieu du calcaire est assez remarquable.

### *Bibliographie*

1872. W. Raymond. — Report on the Emma mine.
1873. Peale. — United States Geological Survey.
1889. Davies, p. 103.

alors offerte pour 15 000 francs par un des exploitants et ne trouva pas d'acquéreur. Quelques mois plus tard, en mai 1870, une part de un sixième était payée 150 000 fr.; l'année suivante, la moitié de la mine était vendue 3 750 000 francs à des capitalistes de New-York ; au commencement de 1872, toute la mine était placée sur le marché de Londres au capital de 25 millions, dont moitié aux vendeurs. Six semaines après, elle était inondée et perdue.

## MINES DE PLOMB, ARGENT ET OR D'EUREKA[1] (NEVADA)

L'important district minier d'Eureka, qui a produit, de 1869 à 1883, 225 000 tonnes de plomb et plus de 300 millions de francs d'argent et d'or[2], est situé dans la partie orientale de l'Etat de Nevada, sur le flanc Ouest du Diamond range, à 150 kilomètres au Sud de la station de Palisade (Central Pacific Railway), à laquelle les mines sont reliées par un embranchement.

La région, où se trouvent les gisements, forme une rangée de collines, atteignant, à Eureka, 2 200 mètres d'altitude, entre la chaîne qui contient le filon du Comstock[3] et les montagnes Wahsatch, où est la mine Emma que nous venons de décrire. Tout le pays compris entre le Comstock et Emma mine est traversé, du Nord au Sud, par une série de chaînes de montagnes semblables, dont plusieurs sont assez fortement minéralisées pour avoir fait donner à l'Etat de Nevada le nom de Silver State (Etat de l'argent).

Au voisinage et à l'Est de la ville d'Eureka, se trouvent les deux grands districts de *Prospect Mountain* et *Ruby Hill* (ce dernier le plus important des deux) qui contiennent aujourd'hui plus de 60 mines distinctes.

Ces minerais furent découverts, en 1864, par un groupe de mineurs qui, en se rendant à White Pine, reconnurent d'abord la région, aujourd'hui nommée New-York Cañon. Ils s'y établirent et firent quelques travaux peu importants jusqu'en 1869, date de la construction du premier four. Plus tard, la compagnie « Eureka Consolidated Mining Company » se fonda en groupant un certain nombre de petites exploitations et, plus récemment, la « Richmond Consolidated » s'établit à côté.

[1] Cette description est le résumé du grand ouvrage de Curtis : Silverlead deposits f Eureka, publié par le *United States geological survey en* 1884.

[2] L'or entre pour un tiers environ dans ce total.

[3] Voir à l'argent.

THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY
ASTOR, LENOX
TILDEN FOUNDATIONS

rocheuse, qui a provoqué le dépôt des minerais et que nous considérons, dans ce cas, comme rhyolithique.

Le remplissage des gîtes est formé : au-dessus du niveau hydrostatique, de galène, anglésite, cérusite, mimétite et wulfénite, avec du fer hydroxydé représentant la masse de la gangue. et très peu de quartz et de calcite. Ces minerais altérés renferment une forte proportion d'or et d'argent, avec un peu de zinc. Au-dessous du niveau hydrostatique, on n'a plus, comme d'habitude, que des sulfures : pyrite, mispickel, galène, blende, etc. Les actions de métamorphisme superficiel ont joué, dans toute la partie des gisements qui a été vraiment riche, un rôle particulièrement important et sur lequel nous aurons à revenir.

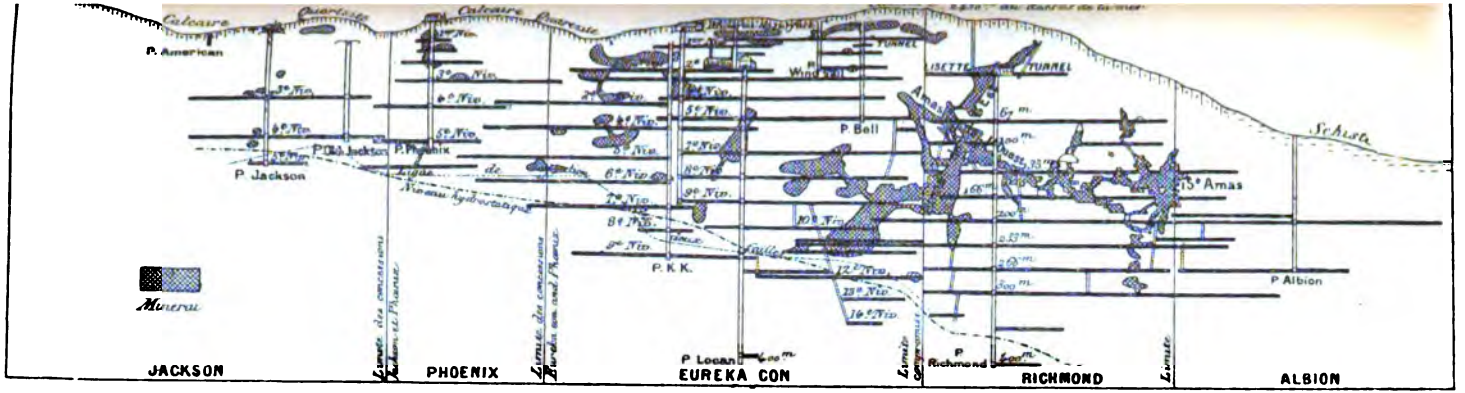
Quant à l'origine de ces métaux, les géologues américains, intimement convaincus à priori qu'ils devaient résulter du lessivage récent de roches préexistantes, les ont cherchés inutilement dans les terrains sédimentaires voisins qui n'en contiennent pas trace : parmi les roches éruptives, le porphyre quartzifère est le seul qui ait donné quelques indices d'argent, et il est très exceptionnel dans le pays ; le granite n'en renferme pas, ce que M. Curtis, auteur d'un très intéressant mémoire sur Eureka [1], croit devoir attribuer à ce que, là où nous rencontrons cette roche à la surface, les métaux en ont été dissous. Il est inutile de remarquer combien un raisonnement de ce genre simplifie les problèmes

Dans le cas présent, c'est peut-être dans le magma rhyolithique que nous serions porté à chercher la source première des métaux.

Ceci dit, donnons quelques détails sur les principaux gisements :

Les mines de *Prospect Mountain* et de *Ruby Hill* sont situées sur un même anticlinal Nord-Sud de calcaire cambrien bleu grisâtre et cristallin, anticlinal aux flancs inclinés à plus de 45°. Ce calcaire contient des intercalations de schistes et repose sur des quartzites du même âge. Il a visiblement subi, dans le plissement

[1] Silverlead deposits of Eureka Nevada. (Un. St. géol. Suvey. 1884.)




Echelle au $\frac{1}{9500}$

Fig. 319. — Coupe longitudinale N.-O. S.-E. des mines de Ruby Hill. Echelle au $\frac{1}{9\,600}$.

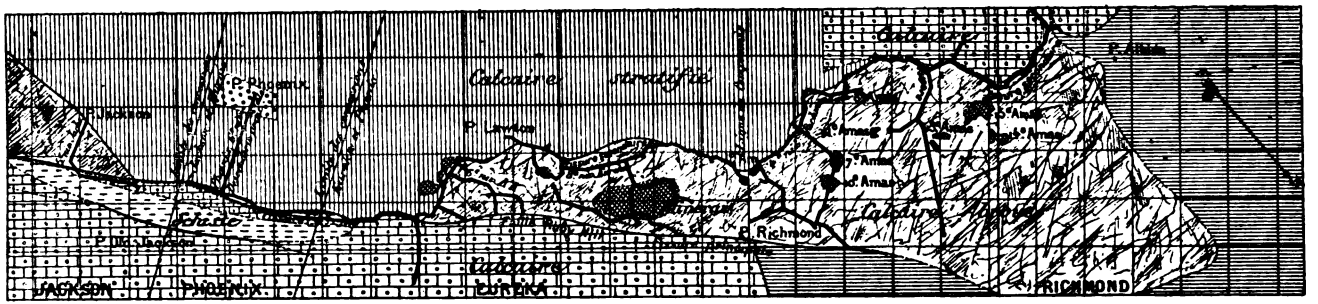



Fig. 320. — Plan horizontal de la mine Ruby Hill au niveau de 133 mètres (Bichmond). (Voir fig. 319).

(Figurés de la figure 322.)

qui l'a mis en saillie, une dislocation considérable, ayant produit des cassures à remplissage bréchiforme et des failles nombreuses dont l'allure générale a été bien mise en évidence par deux grands tunnels de 700 à 800 mètres de long, faits, l'un à Eureka, l'autre au Mt Prospect (Prospect Mountain.)

La principale de ces failles (fig. 318), celle dite de Ruby Hill, et une autre fissure secondaire qui vient la recouper, Secondary fissure Winze, ont joué un rôle prépondérant dans la formation métallifère. Il existe, en effet, dans l'espace angulaire d'une centaine de mètres de largeur moyenne compris entre elles (fig. 321 à 323), une zone de calcaire broyé et fissuré en tous sens, qui a offert à la circulation des eaux métallifères un chemin particulièrement facile et où les gisements métallifères sont aujourd'hui concentrés.

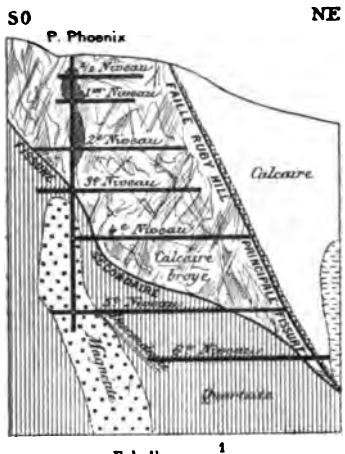


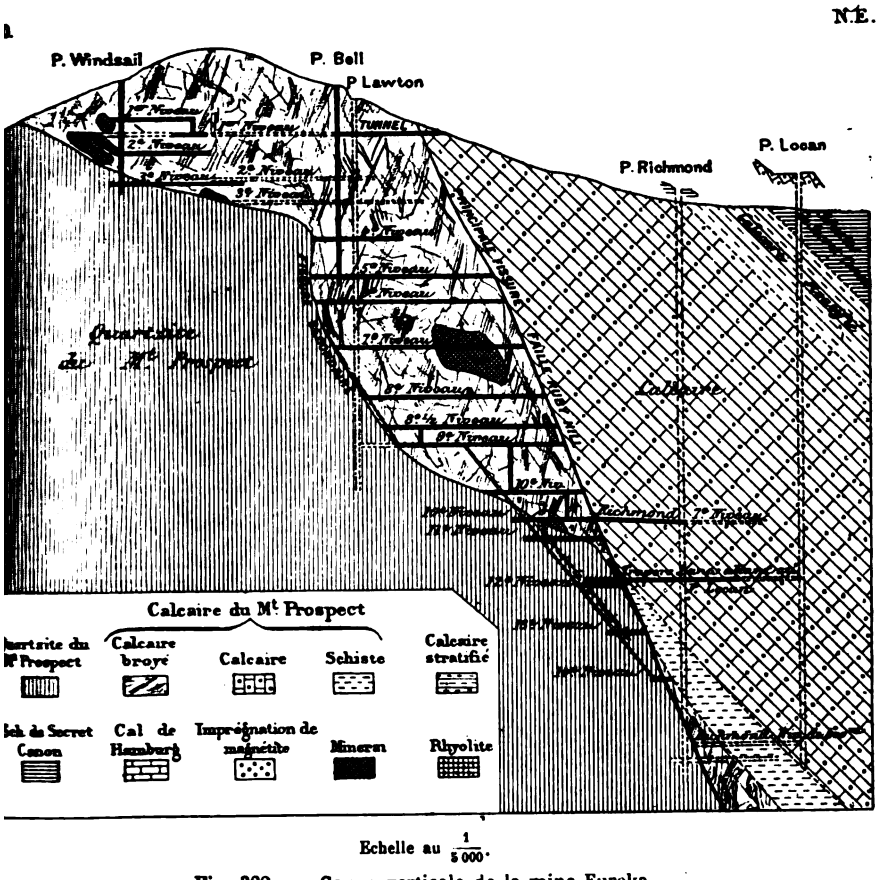

Fig. 321. — Coupe verticale de la mine Phœnix (Eureka).
(Figurés de la figure 322.)

Dans sa partie Ouest, sur les compagnies *Jackson et Phœnix* (fig. 319 et 321), cette zone de brouillage est très réduite et un filon de rhyolithe, qui longe la faille Ruby Hill, est presque la seule séparation entre le calcaire et le quartzite. La localisation des minerais d'un seul côté de cette rhyolithe, l'absence de dérangements des minerais au voisinage de la roche éruptive et de fragments du minerai dans la roche, enfin l'altération profonde de celle-ci près de la galène sont les arguments sur lesquels on s'est fondé pour admettre que la venue métallifère avait suivi la rhyolithe.

Au centre, sur la compagnie d'*Eureka* (fig. 322), les travaux ont porté, de préférence, sur le contact du quartzite et du calcaire broyé que l'on suivait, par des galeries en direction, en partant de là, le long de fissures métallisées, pour rechercher les grands amas métallifères. On a attribué là, à ce contact, un rôle prédominant dans le dépôt des minerais, rôle qui pourrait être ana-

logue à celui joué par les schistes inattaquables on les eurites du Laurium [1].

Au contraire, à l'Est, sur la compagnie de *Richmond* (fig. 323), les minerais ne se trouvent jamais à ce contact, mais irrégulière-




Echelle au $\frac{1}{5\,000}$.

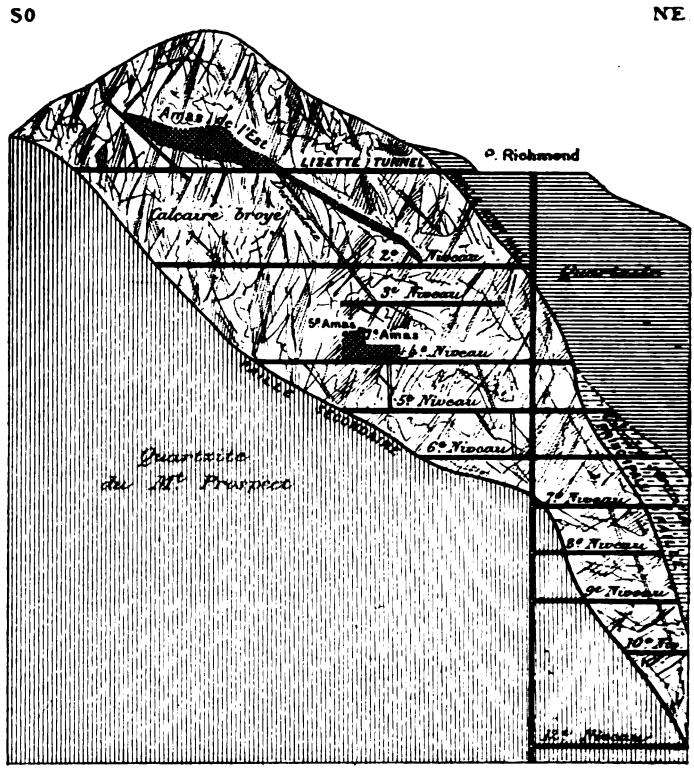
Fig. 322. — Coupe verticale de la mine Eureka.

ment répartis dans la masse broyée, au voisinage de quelque fissure.

Le calcaire encaissant (dont la composition chimique et l'attaquabilité plus ou moins grande aux acides n'ont d'ailleurs joué, par rapport aux conditions physiques de fractures, qu'un rôle très

[1] Voir page 384.

restreint) est, en général, un calcaire dolomitique tenant 1 à 2 p. 100 d'oxyde de fer. Son broyage a été très énergique. On peut le voir, dans les travaux, tantôt brisé en grandes masses, tantôt cassé en une multitude de petits fragments, tantôt même,




Echelle au $\frac{1}{5\,000}$.

Fig. 323. — Coupe verticale de la mine Richmond (Eureka).
(Mêmes figurés qu'à la figure 322.)

— surtout lorsqu'il était de nature sableuse, — réduit en fine poussière. Tous ces débris ont été, en majeure partie, recimentés par une matière calcaire et forment une masse résistante. Cependant les points où le calcaire était sableux sont redoutés par les mineurs à cause de leur tendance à l'éboulement.

Les gisements, dont les figures 318 à 323 montrent bien la

disposition d'ensemble[1], se composent d'un certain nombre de grands amas de minerais (chamber, cave, body) au milieu du calcaire, amas de formes très irrégulières, réunis par un système de fissures minces plus ou moins minéralisées. Ces fissures semblent correspondre à deux directions principales : l'une parallèle à l'allongement du massif, l'autre perpendiculaire ; celles du dernier système sont généralement verticales et, aux points où elles atteignent les quartzites dans lesquelles elles ne pénètrent pas, des amas se sont parfois développés le long du contact : l'un d'eux, dans la mine Eureka, a été suivi sur 70 mètres suivant l'allongement et 60 mètres suivant l'inclinaison.

**Minerais.** — Les *minerais d'Eureka* consistent, dans les parties supérieures, qui, jusqu'en 1886, au moins, avaient été seules exploitées[2], en carbonate de plomb fortement chargé de matière ferrugineuse. Ce carbonate de plomb est argentifère, comme cela arrive fréquemment dans le Nevada ; mais, en outre, par une particularité assez rare, il est aurifère ; et c'est cette teneur en argent et en or qui a seule fait la valeur des minerais.

Au carbonate de plomb sont associés d'autres produits de décomposition de la galène, tels que l'anglésite, qui forme une partie importante des minerais dits carbonate jaune, la mimétite (chloro-arséniate), la wulfénite (molybdate), etc.

Les mineurs distinguent plusieurs catégories :

Le *carbonate rouge* est formé de fer hydroxydé avec anglésite et cérusite contenant des grains de galène inaltérée. Il renferme, en général, à peu près autant d'or que d'argent, 130 à 260 francs de chacun par tonne.

Le *carbonate jaune* est surtout un mélange de fer hydroxydé et de sulfate et de chloro-arséniate de plomb. La teneur en métaux précieux ne dépasse pas 500 francs par tonne.

[1] La figure 318 représente la carte géologique de la région ; sur les figures 319 et 320 on a une coupe longitudinale N.-O. S.-E. à travers les principales concessions avec un plan correspondant ; enfin 321, 322 et 323 figurent des coupes transversales perpendiculaires à la coupe 319.

[2] La figure 319 donne le niveau hydrostatique. Le niveau paraît avoir été anciennement plus bas ; car il existe des minerais oxydés au-dessous du niveau actuel.

Une autre variété de carbonate jaune, assez pauvre en général, doit sa couleur à la wulfénite.

Le prétendu *minerai sulfuré* des mineurs (sulfur ore) n'est, en réalité, qu'une agglomération de cristaux de cérusite de couleur grise. Il est parfois très riche en argent (jusqu'à 625 francs par tonne); mais, comme tous les minerais de plomb proprement dits, il est généralement assez pauvre en or.

Voici l'analyse moyenne des minerais fondus à Richmond en 1883 :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Oxyde de plomb . . . . . | 35,65 | Plomb. . . . . | 33,12 |
| Oxyde de cuivre. . . . . | 0,15 | Cuivre. . . . . | 0,12 |
| Protoxyde de fer . . . . . | 34,39 | Fer . . . . . | 24,07 |
| Oxyde de zinc . . . . . | 2,37 | Zinc. . . . . | 1,89 |
| Oxyde de manganèse . . . | 0,13 | | |
| Acide arsénique. . . . . | 6,34 | Arsenic . . . . . | 4,13 |
| Antimoine . . . . . | 0,25 | Antimoine. . . . | 0,25 |
| Acide sulfurique . . . . . | 4,18 | Soufre. . . . . | 1,66 |
| Silice . . . . . | 2,95 | | |
| Alumine . . . . . | 0,64 | | |
| Chaux . . . . . | 1,14 | | |
| Magnésie. . . . . | 0,41 | | |
| Eau et acide carbonique. . | 10,90 | | |
| Or et argent . . . . . | 0,10 | | |

Soit 856 grammes : (27,55 onces troy) d'argent et 49,44 grammes (1,59 once) d'or par tonne.

En profondeur, les sulfures de plomb et de fer se substituent progressivement aux carbonates et oxydes ; le zinc, habituellement en relation si intime avec le plomb, est des plus rares.

Comme gangue, on ne rencontre guère que de la calcite, rarement du quartz. Cependant, au troisième niveau de la mine, on a trouvé, dans une des chambres de minerai, une masse de quartz de 30 mètres de long, 15 de large, 8 d'épaisseur, à texture saccharoïde, qui semblait avoir été formée sur place par des eaux chargées de silice. Ce quartz était peu plombifère ; mais il renfermait de 125 à 750 francs de métaux précieux à la tonne.

**Mode de formation de gisement.** — De l'étude attentive des gîtes, il semble résulter, bien incontestablement, que des eaux, contenant du sulfure de plomb en dissolution, peut-être en présence de sulfures alcalins et sous l'action de la chaleur et de la

assion, ont, à la suite de l'éruption rhyolithique, circulé dans zone de calcaire broyé comprise entre les failles en profitant de ites les fissures et produisant, à partir de celles-ci, des phénomes d'imprégnation et de substitution moléculaire. Le seul int douteux, c'est de savoir si les grands amas ou chambres, qui t fait la fortune des mines d'Eureka, résultent d'un remplissage cavités, de grottes préexistantes, comme c'est, d'après Poszepny, eas pour les galènes de Raibl[1], ou si elles sont simplement le oduit de cette substitution progressivement étendue.

La question présente un intérêt industriel; car, s'il s'agissait ellement de grottes remplies après coup, l'existence des amas rait liée, comme celle des grottes en général, à la portion de calire voisine de la surface[2], où les eaux, chargées d'acide carbonique, ont pu s'introduire en dissolvant les roches sur leur passage on devrait alors désespérer d'en rencontrer au-dessous de 250 à 300 mètres de profondeur. Aussi a-t-elle été soigneusement étuée par les géologues américains. La solution en est, d'ailleurs, sez difficile, en raison des phénomènes, dus à des réactions secondires, en présence desquels on se trouve. En effet, dans toute la rtie bien connue jusqu'ici du gîte, on est en présence de minerais altérés, transformés : les galènes en carbonates, les pyrites en yde de fer. C'est assez dire que, depuis le dépôt des minerais, s eaux superficielles ont circulé au milieu d'eux et au milieu s calcaires voisins et qu'il en est résulté : tant la remise en mouement des sels métallifères par dissolution, avec leur recristallition en stalagmites, que le creusement de véritables grottes écentes au voisinage des anciens amas. Si l'on ajoute à cela que pyrite, qui paraît avoir formé primitivement la moitié du gîte, a û, en se transformant en oxyde de fer, par suite du départ d'une ortion de sulfate de fer dissous, diminuer fortement de volume, ndis que la galène, en se changeant en carbonate, avait plutôt ne tendance à se dilater, on comprendra combien il faut être ttentif avant de conclure, de l'éclat actuel des minerais, à la forme le leur dépôt primitif.

[1] Voir page 425 et 620.

[2] Par cette surface, il faut entendre celle qui existait au moment de la formation les gîtes et qui était certainement supérieure à la surface actuelle.

En fait, il arrive fréquemment à Eureka qu'à la partie supérieu d'un grand amas de carbonate de plomb on trouve une cavi ouverte et, dans cette cavité, un lit de sables et de galets reposa sur des minerais ayant subi, depuis leur oxydation, une sédimen tation qui les a stratifiés, et ce n'est qu'en profondeur que les min rais apparaissent dans les conditions primitives de leur dépôt. L grottes constatées sont donc, dans ce cas, certainement postérieu au minerai et contemporaines du métamorphisme qui a chan les sulfures en carbonates, au lieu d'être antérieures, comme l'o cru quelques observateurs.

M. Curtis a remarqué, d'ailleurs, que, là où l'on trouvait l sulfures inaltérés, jamais on ne remarquait, en eux, ces zones d cristallisation successives, ce concrétionnement caractéristiq des dépôts ayant tapissé une fracture béante et constatés p Poszepny dans les remplissages de grottes de Raibl ; jamais no plus, la galène ne venait se superposer sur une paroi de calcai corrodée et enduite de stalagmite, comme le sont les parois d grottes, mais elle pénétrait plus ou moins intimement dans l pores de ce calcaire; enfin jamais on ne voyait, au-dessous d'u lit de galène inférieur, un dépôt sableux ou alluvionnel tel q ceux qui tapissent le sol des grottes et qu'on retrouve, paraît-i dans certaines grottes à galène du Mississipi où la galène recouvert des os de chauves-souris [1]. Au contraire, on observe so vent, dans le minerai, l'allure même du calcaire auquel il s'e substitué. Enfin l'existence de grottes vides au voisinage de min rais décomposés, qui n'y pénètrent jamais, prouve bien que c grottes ont été creusées après le minerai. La conclusion très net est qu'on n'a pas affaire à un remplissage de cavité, mais à une p nétration par substitution, suivie d'un métamorphisme superficie

Quelle que soit leur origine, les chambres de minerai d'Eure ont présenté des masses métallifères considérables et l'une d'elle la Pott's Chamber, a même été, entre les compagnies conti guës de Richmond et d'Eureka, l'objet d'une contestation fameu dans laquelle on s'est trouvé avoir à soumettre aux tribunau la question de la nature filonienne du dépôt.

[1] Voir plus haut, page 624.

Mais, si l'on tient compte, d'une part, de la disparition des inerais oxydés et carbonatés riches, peu au-dessous du niveau ydrostatique actuel, en outre de la forme en V (rapidement limitée profondeur) de la zone broyée riche en minerais, enfin des diffiltés croissantes d'épuisement auxquelles on s'est heurté en pprofondissant, on s'explique aisément comment ces mines, près une période de grande prospérité, subissent actuellement recul très sensible dans leur production. On a affaire là à des sements limités et irrégulièrement disséminés dans la masse lcaire, dont un grand nombre peuvent, par suite, échapper aux vestigations[1].

*Bibliographie.*

1877. *Engineering and mining*, déc. 1877, janv. 1878.
1884. Joseph Story Curtis. — Silverlead deposits of Eureka, Nevada. (*Un. geol. Survey.*)
1885. Achille Six. — Les mines de plomb argentifère du district d'*Eureka* tats-Unis d'Amérique). (*Ann. Soc. geol. du Nord de la France*, t. XIII, p. 14.)
1887. Daubrée. — Eaux Souterr., t. III, p. 111.
1889. Davies, p. 100.

## GÎTES DE PLOMB ARGENTIFÈRE DE LEADVILLE (COLORADO)

Le groupe des mines de Leadville est situé dans le Colorado omté de Lake), sur le flanc Ouest des montagnes nommées losquito Range, à environ 3 000 mètres d'altitude, sur le 39e rallèle : ce qui correspond, comme climat, au 55e degré au niveau e la mer. Ce district, le plus important des Etats-Unis par sa roduction de plomb, existait à peine il y a une quinzaine d'années, uoique, depuis 1860, on eût cherché de l'or avec ardeur dans les nvirons; c'est en 1874 qu'il fut découvert par MM. Wood et

[1] Pour y remédier, le Dr Bavus a essayé une méthode électrique assez curieuse, méode permettant, selon lui, de reconnaître la proximité des masses métallifères par des riations de potentiel produites dans un courant. Les résultats pratiques de ces tentaves intéressantes paraissent peu concluants.

Stevens. Après un rapide essor jusqu'en 1880[1], de 1880 à 188 sa production a encore doublé. En 1887, Leadville a four 30 000 tonnes de lingots de plomb fondus et 35 000 tonnes d minerais siliceux ou sulfurés exportés, avec 3 000 onces d'or 8 000 000 onces (250 kilogrammes) d'argent. Sa production d'arge annuelle est supérieure à celle de toutes les autres nations d monde, excepté le Mexique, et n'est surpassée, aux Etats-Un que par celle du Comstock.

De 1877 à 1884, la production totale a été :

| | OR | | ARGENT | | PLOMB | VALEUR |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Onces | Kilos | Onces | Kilos | Tonnes | Fr. |
| Traité à Leadville. | 77 197 | 2 401 | 42 089 722 | 1 308 990 | 184 912 | 383 689 318 |
| Exporté. . . . . | 25 825 | 803 | 9 012 644 | 280 293 | 193 319 | 110 940 000 |
| | 103 022 | 3 204 | 51 102 366 | 1 589 283 | 278 231 | 494 629 318 |

Enfin, en 1890, Leadville a produit 45 500 tonnes de plom pour la même année, la production de métaux précieux dans l'Et du Colorado a été de 21 500 000 francs d'or et 18 800 000 onc d'argent (125 millions).

Au point de vue industriel, les gisements, comme beaucou d'autres de ceux que nous étudions au chapitre du *Plomb* (Eureka Bingham, Sala, etc.), sont surtout exploités pour leur teneur e argent et en or. Cette teneur est si forte, en général, qu'elle ren utilisables des minerais à 6 p. 100 de plomb. Les minerais extrait sont surtout des carbonates de plomb dérivant de galènes argen tifères et imprégnant des hématites provenant, de pyrites décom posées; leur métallurgie est conçue comme si l'on avait affaire à un simple minerai de plomb, l'amalgamation directe n'étant pa possible, et c'est à la fin seulement des opérations qu'on sépare le plomb par une coupellation.

**Géologie de la région.** — Les *Mosquito Range*, où se trouve Lead ville, forment la bordure Ouest du South Park et, topographique-

[1] En 1880, Leadville avait déjà 15 000 habitants.

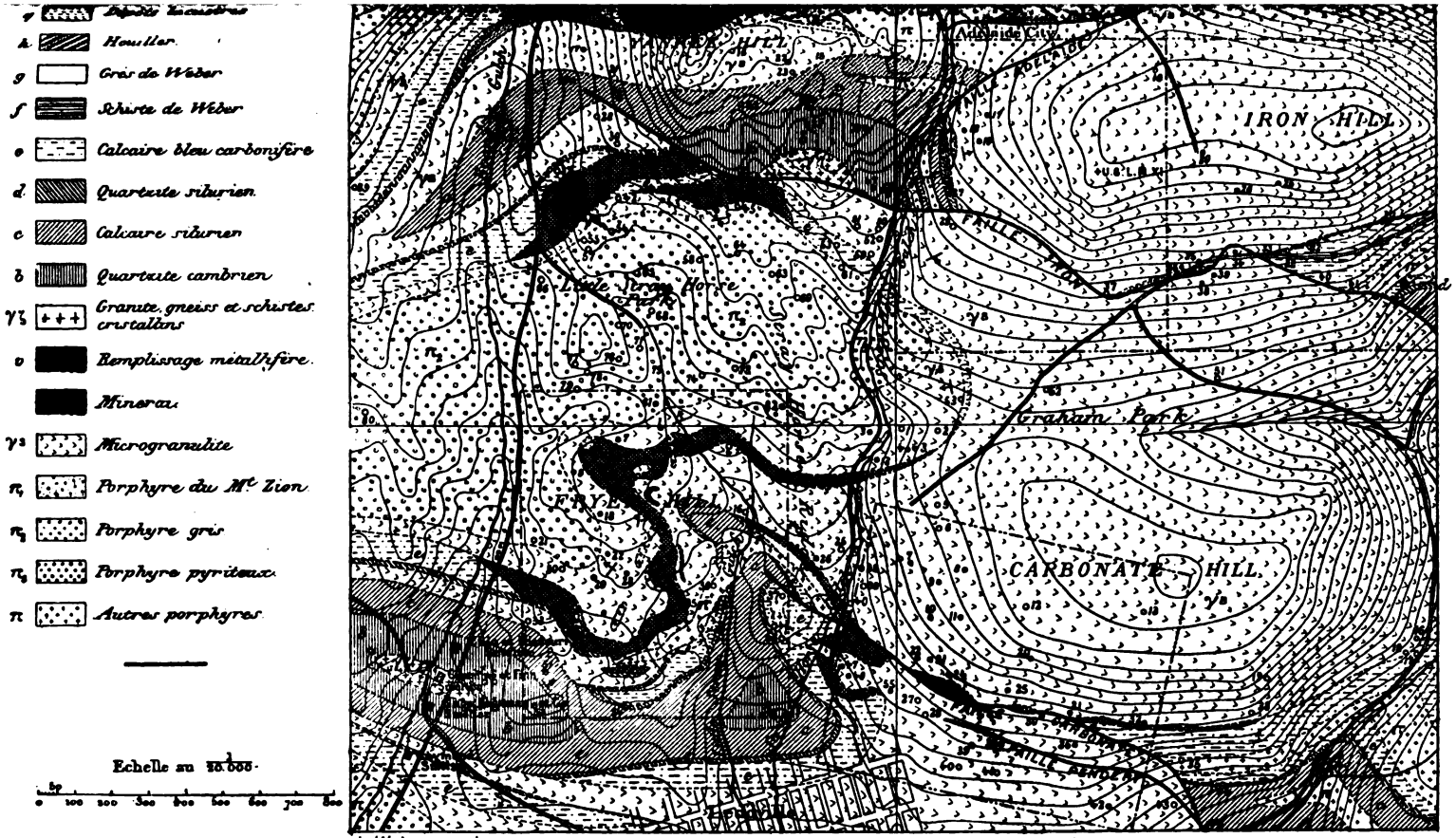



Fig. 324. — Carte géologique de la région de Leadville. (La verticale de la figure est orientée N.-S.)

ment, font partie des Park Range[1]. Mais, géologiquement, leur apparition ne date que de la fin du crétacé, tandis qu'auparavant la dépression des Parks était limitée : à l'Est, par le massif archéen du Colorado Range; au Nord, par les Sawath et, à l'Ouest, par le Park Range.

On y trouve, au-dessus d'un soubassement de gneiss et de granite, borné à l'Ouest par une grande faille N.-S. : (la Mosquito fault) des couches paléozoïques concordantes (quartzites cambriens, dolomie et quarzites siluriens, calcaire carbonifère, etc.), d'une épaisseur totale de 1 000 à 1 500 mètres, avec des intrusions nombreuses de microgranulites (white porphyry, felsite), qui sont venues, en particulier, former une couche régulière au sommet d'un calcaire bleu du carbonifère inférieur. Cette microgranulite, à grands cristaux de feldspath, quartz et mica blanc, repose là sur le calcaire, en pénétrant dans toutes ses anfractuosités. Il est impossible de préciser l'âge de ces roches; mais M. Emmons, auteur d'un beau mémoire d'ensemble sur Leadville[2], est porté à les considérer comme s'étant introduites dans les terrains, avec une puissance dynamique considérable, vers la fin de la période de dépôt tranquille, c'est dire pendant le crétacé.

A la suite de cette microgranulite, les minerais plombeux ont imprégné le calcaire, surtout près de son contact avec cette roche[3], mais sans former une couche continue.

Puis le grand plissement de la région s'est produit en disloquant, à la fois, les terrains, les microgranulites et les minerais intercalés et occasionnant un très grand nombre de failles qui divisent les

[1] Les montagnes Rocheuses peuvent être considérées comme formées de deux rides des terrains archéens, le Colorado ou Front Range à l'Est, le Park Range à l'Ouest; au-dessus de cet archéen, les terrains, allant du cambrien à la fin du crétacé, sont concordants : le plissement ne date que du début de l'époque tertiaire; il été précédé par des éruptions abondantes et longtemps continuées de roches cristallines intrusives d'âge récent dont les premières émanations métallifères paraissent avoir été la conséquence.

[2] Geology and mining industrie of Leadville, Colorado (Un. St. geol. Survey, 1886); 1 vol. avec atlas.

[3] Il existe, autour de Leadville, d'autres catégories de porphyres : ainsi, au mont Lincoln, une microgranulite très cristalline, parfois à hornblende (Lincoln porphyry); un porphyre pyriteux, toujours très décomposé, tenant 4 p. 100 de pyrite, qui ne se trouve qu'à Leadville, etc... Quant aux roches plus récentes, non plus intrusives, mais éruptives, elles ne sont représentées que par quelques dykes de rhyolithe assez éloignés. M. Whitman Cross a fait une étude pétrographique de ces roches diverses.

couches en une série de gradins dont la figure 325[1] donne l'idée.

Enfin, une érosion très forte a fait disparaître le sommet de la voûte anticlinale et mis au jour les terrains inférieurs de la série.

C'est ce que mettent en évidence la carte géologique (fig. 324) et la coupe transversale de la région de Leadville (fig. 325).

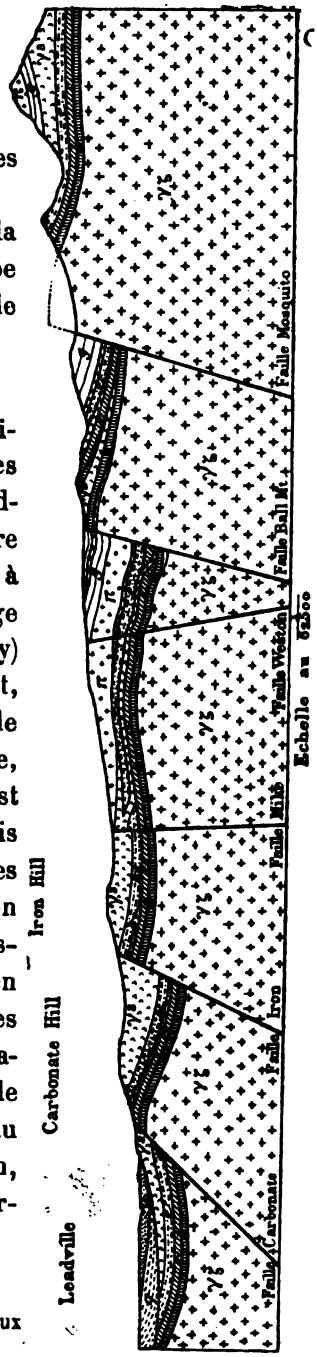



Fig. 325. — Coupe transversale Est-Ouest de la chaîne des Mosquito Range. (Figurés de la figure 324.)

**Généralités sur les gîtes métallifères. Leur mode de formation.** — Les minerais les plus importants de Leadville se trouvent dans le calcaire dolomitique carbonifère, qui a 50 à 60 mètres d'épaisseur, au voisinage de la microgranulite (white porphyry) et en dessous d'elle. Ils constituent, par suite, une sorte de gisement de contact, dont la surface supérieure, formée par la base du porphyre, est assez régulière et bien définie, tandis que la partie inférieure passe, par des transitions insensibles et de la façon la plus irrégulière, au calcaire encaissant. (Voir fig. 326.) On trouve, en outre, des minerais dans des fractures plus ou moins complexes et en relation plus ou moins directe avec le contact en question ; il en existe au voisinage d'autres porphyres et enfin, accidentellement, au cœur du porphyre même.

[1] Les figurés des figures 325 à 332 sont ceux de la figure 324.

Il semble à peu près certain qu'il s'est produit là des phénomènes de substitution analogues à ceux que nous avons rencontrés dans tant d'autres gisements : c'est-à-dire que des eaux sulfureuses ont, après l'intrusion des microgranulites et avant la dislocation des terrains (vers la fin de l'époque crétacée), pénétré dans le calcaire en profitant de toutes ses fissures et que, se concentrant particulièrement au-dessous d'un couvercle de microgranulites inattaquables, elles ont, à son contact, corrodé progressivement

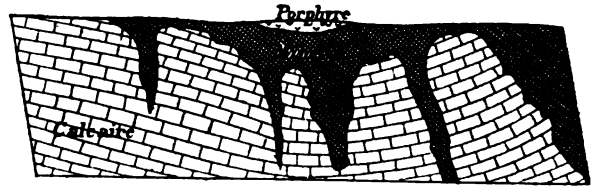



Fig. 326. — Coupe verticale E. 25° S., à la descenderie, dite Carbonate Incline (Carbonate mine, Leadville).

ce calcaire. La forme des gisements et la façon dont leur partie inférieure pénètre, par une série de poches, dans le calcaire prouve bien nettement qu'on n'a pas eu affaire à un remplissage de cavités, de grottes préexistantes.

Mais le dépôt primitif ne s'est pas fait sous la forme actuelle de carbonates et d'oxydes, et ceux-ci sont dus, comme à Eureka, à un métamorphisme secondaire et superficiel, qui a produit, par endroits, un véritable remaniement.

Les eaux ont, en effet, commencé par précipiter leurs métaux sous forme de sulfures divers, en particulier de sulfure de plomb argentifère et de pyrite de fer. Puis, au voisinage de la surface[1], ces sulfures ont été altérés et transformés en carbonates, sulfates et chlorophosphates, contenant un reste de galène et associés avec des matières ocreuses et des hématites, et ces minerais oxydés sont, en définitive, les plus habituels.

[1] On a remarqué que l'épaisseur de la zone altérée variait avec l'altitude et était moindre aux grandes hauteurs, où les eaux sont emprisonnées longtemps à l'état de glace par les froids. Bien des causes influent, d'ailleurs, sur l'intensité de ce phénomène, l'abondance des pluies, la longueur du trajet souterrain dans lequel les eaux se sont plus ou moins dépouillées de l'oxygène de l'air, etc.

**Minerais.** — A côté du carbonate de plomb prédominant et de la galène, on trouve fréquemment un mélange de sulfate de fer, d'anglésite et de pyromorphite, appelé par les mineurs : *basic ferric sulfate.*

En même temps, l'argent se présente, non seulement associé aux carbonates de plomb mais aussi isolé en chlorobromures, parfois chloriodures, rarement à l'état natif. Originairement, il paraît avoir été sous forme de sulfure, soit simple, soit arsenical ou antimonial. Les chlorures, bromures et iodures d'argent semblent être à l'état de mélange confus, contrairement à ce qui se passe, d'après les observations de Moesta, à Chañarcillo (Chili)[1], où les chlorures sont seuls jusqu'à 20 mètres ; puis s'associent à du brome qui domine de plus en plus et auquel se substitue, plus bas, de l'iode, arrivant à former de purs iodures au-dessus des sulfures. Mais, à Chañarcillo, la présence de ces sels résulte directement de ce que la mer a couvert les filons, tandis que le phénomène a été plus complexe à Leadville.

Avec l'argent, il existe également de l'or natif, probablement associé avec les pyrites ; exceptionnellement, de la blende, de l'arsenic, de l'antimoine, du molybdène, du cuivre, du bismuth, du vanadium et même des traces d'étain, d'iridium et de cadmium, qu'on a découvertes dans les fours de fusion.

La gangue comprend de la silice ou des silicates de fer, manganèse et alumine et de la barytine. En outre, on rencontre, entre le porphyre et le calcaire subjacent, un corps blanc, composé de silicate et de sulfate d'alumine, que les mineurs appellent « talc chinois ».

On a remarqué que les principaux amas de minerais argentifères se trouvent dans les bancs calcaires magnésiens et que les minerais contenant de l'or et du cuivre se rencontrent, au contraire, plutôt dans les bancs siliceux ou les porphyres.

Le tableau suivant donne l'analyse de quelques minerais carbonatés, particulièrement purs, et, en même temps, d'un minerai moyen :

[1] Chlor, Brom und Iodverbindungen des Silbers in der Natur. Marburg, 1870.

| | ADELAÏDE 1 | LITTLECHIEF 2 | MINERAI MOYEN |
|---|---|---|---|
| PbO | 80,352 | 75,408 | 24,77 |
| $Al^2O^3$ | 0,444 | 1,415 | 3,99 |
| $Fe^2O^3$ | 0,467 | 1,940 | 24,86 |
| FeO | 0,299 | » | 0,89 |
| MnO | 0,137 | 0,074 | 4,13 |
| $MnO^2$ | » | 1,386 | » |
| Cob | Traces | Traces | » |
| ZnO | » | 0,095 | » |
| CaO | 0,303 | 0,335 | 2,76 |
| MgO | 0,068 | 0,056 | 3,04 |
| $SiO^2$ | 0,651 | 1,972 | 22,59 |
| Sb et As | Traces | Traces | Traces |
| $PbO^5$ | 1,532 | Traces | » |
| $CO^2$ | 14,700 | 14,251 | 5,58 |
| Cl | 0,255 | 0,288 | 0,09 |
| HO | 0,395 | 1,140 | 5,53 |
| Ag | 0,009 | 0,777 | 0,31 |
| Au | Traces | Traces | Traces |
| | 99,612 | 99,137 | 98,54 |

Le n° 1 (minerai d'Adelaïde) se présente sous forme d'un sable blanc de petits cristaux de cérusite ; on le trouve, non dans le calcaire, mais entre les porphyres blancs et gris.

Le n° 2 (minerai de Littlechief mine) est un carbonate décoloré et sableux.

**Origine des métaux.** — Pour expliquer l'origine de ces métaux, M. Emmons, pénétré des idées qui règnent, en Amérique, sur la formation des gîtes métallifères par simple circulation d'eaux superficielles empruntant leurs éléments aux roches traversées, a d'abord essayé de montrer que les eaux, qui avaient agi sur le calcaire de Leadville, avaient suivi le contact du calcaire et du porphyre en descendant, sous l'influence de la gravité, et non en remontant à la façon des sources thermales[1].

[1] Il est, dans tous ces gisements superficiels altérés, essentiel de distinguer entre les eaux primitives, sans doute ascendantes, qui ont amené les métaux et les eaux superficielles descendantes qui les ont remis en mouvement et transiormés. Le trajet des secondes, s'étant superposé à celui des premières, a donné lieu à de nombreuses confusions.

Son argumentation[1] se résume en ce fait que les minerais se trouvent surtout à la partie supérieure du calcaire, qu'ils affectent, le plus souvent, la forme de lits horizontaux avec des poches limitées en profondeur et que les quelques veines verticales que l'on rencontre ne ressemblent pas à des cheminées d'ascension.

Nous ne voulons pas nier, à distance, que la conclusion puisse être exacte ; il nous semble cependant résulter de l'étude des sources thermales que des eaux ascendantes, montant d'un point quelconque à travers un calcaire fissuré et attaquable jusqu'à la microgranulite inattaquable, ont dû également s'étendre au-dessous de celle-ci, y séjourner avec une tendance constante à s'élever et y exercer leur action de substitution. L'une des deux idées n'est pas plus hypothétique que l'autre et nous voyons, dans la chaleur et la pression qui accompagnent les eaux thermales, un auxiliaire utile pour expliquer la cristallisation des minerais ; en outre, l'origine même des métaux en devient, comme nous le dirons, plus aisément explicable.

M. Emmons objecte à cela que les terrains imprégnés devaient, au moment de la venue métallifère, être recouverts par des centaines de mètres d'autres terrains érodés et probablement par des étendues d'eau de mer considérables, et que l'action métallisante aurait dû plutôt se produire à la partie supérieure (aujourd'hui disparue) de ces terrains, où la pression était plus faible, qu'à leur base, où la pression devait maintenir les éléments dissous. Le fait que les eaux se sont arrêtées en montant à une strate de porphyre impénétrable nous paraît une réponse suffisante et, précisément, nous ne comprenons pas bien comment des eaux, venant de la surface, auraient, après des centaines de mètres de cheminement, continué à descendre sans avoir été auparavant neutralisées et rendues inertes.

Mais d'où viennent les métaux eux-mêmes ; là encore, M. Emmons suit la tendance américaine et cherche, par une série d'analyses, à montrer qu'ils peuvent dériver directement des roches voisines.

La baryte, — ainsi que la strontiane, qui remplace parfois la

[1] *Loc. cit.*, p. 575.

baryte dans les gîtes de Leadville, — ont été rencontrées dans le white porphyry de Leadville (Ba O = 0,03 ; Sr O = traces) et surtout dans le porphyre pyriteux de White's Hill (Ba O = 0,098 ; SrO absent) ; le plomb a été trouvé également dans les feldspaths du porphyre blanc et surtout du porphyre pyriteux ; de même, pour l'argent, — en quantités, il est vrai, extrêmement faibles : 0,000006 environ. — Enfin, on a fait remarquer qu'une partie de la pyrite existait incluse dans des cristaux de quartz, donc à l'état de première consolidation, bien que la plus grande partie ait pu être injectée postérieurement [1].

En résumé, nous sommes très disposé à admettre, avec M. Emmons, que le porphyre, au contact duquel le gisement métallifère s'est développé, en contient les éléments et que c'est de ces éléments que provient le gisement lui-même ; la relation entre les roches éruptives et les formations métallifères est un des faits géologiques qui ont été le plus anciennement admis par l'école française ; là, où nous avons quelque peine à suivre M. Emmons, c'est lorsqu'il suppose uniquement un lessivage de la roche devenue solide, tandis que nous croyons plutôt à une intervention des fumerolles de la roche encore à l'état igné.

Ceci dit, passons à la description plus détaillée des trois principaux groupes de mines de Leadville : Iron Hill, Carbonate Hill et Fryer Hill.

**Groupe de Iron Hill.** — Le groupe de Iron Hill est d'une constitution très simple, comme le montrent un plan et une coupe ci-joints [2] (fig. 327 et 328). Un bloc de terrains anciens, inclinés vers l'Est assez doucement, a été coupé, à l'Ouest, par une grande faille, et dans ce bloc, les minerais se trouvent exclusivement au contact du calcaire (*e*) et de la microgranulite, ou white porphyry, ($\gamma^3$), superposé. On y voit deux intrusions de porphyres plus

[1] Un fait assez particulier, dans les analyses données par M. Emmons (*loc. cit.*, p. 591), c'est que la plupart des porphyres analysés contenaient un peu de plomb et un seul du zinc : ce qui correspond, assez bien, à la rareté du zinc, par rapport au plomb, dans les gisements.

[2] On voit, sur le plan, les amas de minerai se projeter au milieu de la microgranulite (white porphyry) ; ils sont, en réalité (voir la coupe), au-dessous d'elle, à son contact avec le calcaire.

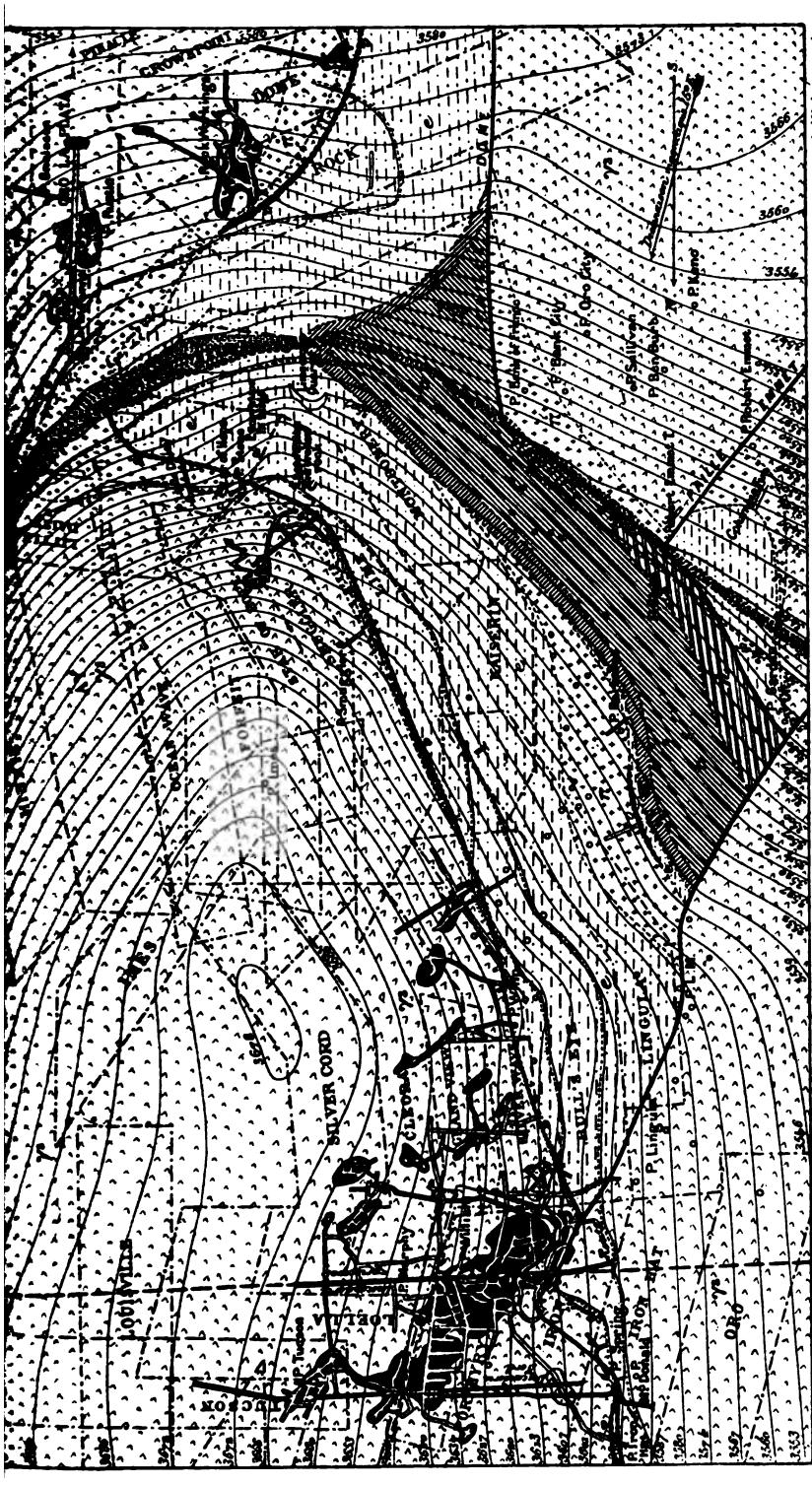



Fig. 327. — Carte géologique de la région d'Iron Hill à Leadville.
(Les travaux souterrains et contours de gisements métallifères sont supposés projetés sur un plan horizontal.) Les figurés sont ceux de la figure 324.

récents assimilés au porphyre gris ($\pi^3$). L'un d'eux, qui traverse le gisement, est accompagné d'une concentration de minerai riche à son voisinage. Le minerai est formé de galène argentifère avec ses produits d'altération, dans une gangue d'oxydes de fer et de manganèse, de silice et d'argile.

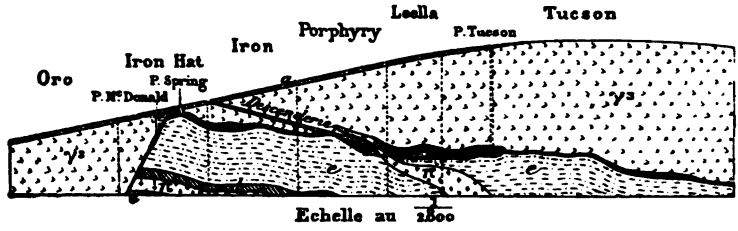



Fig. 328. — Coupe verticale par la principale descenderie d'Iron Hill.

Les principales mines sont : Rock et Dome, Iron Silver, la Plata et Stone, Lime et Smuggler, Silver Wawe et Silver Cord, Iron mine.

*North Iron Hill* comprend surtout les mines Argentine et Adélaïde.

**Groupe de Carbonate Hill.** — Ce groupe est un peu plus com-

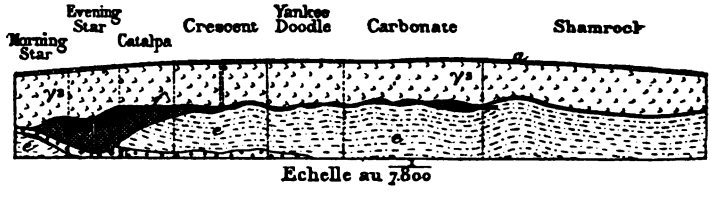



Fig. 329. — Coupe longitudinale de Carbonate Hill sur le flanc Ouest de la colline.

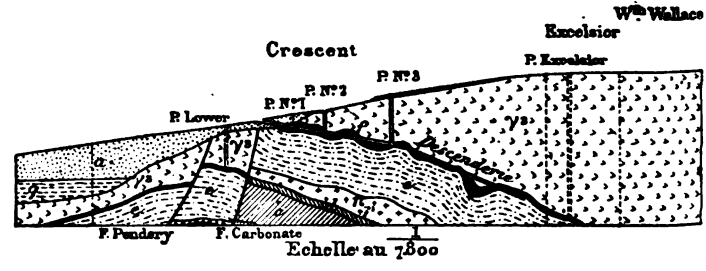



Fig. 330. — Coupe verticale N.-O. — S.-E. de Carbonate Hill par la mine Crescent.

plexé, comme le montrent une coupe en long (fig. 329) et une

coupe en travers (fig. 330), perpendiculaire à la première; là, également, on observe, à la rencontre des gisements par les porphyres

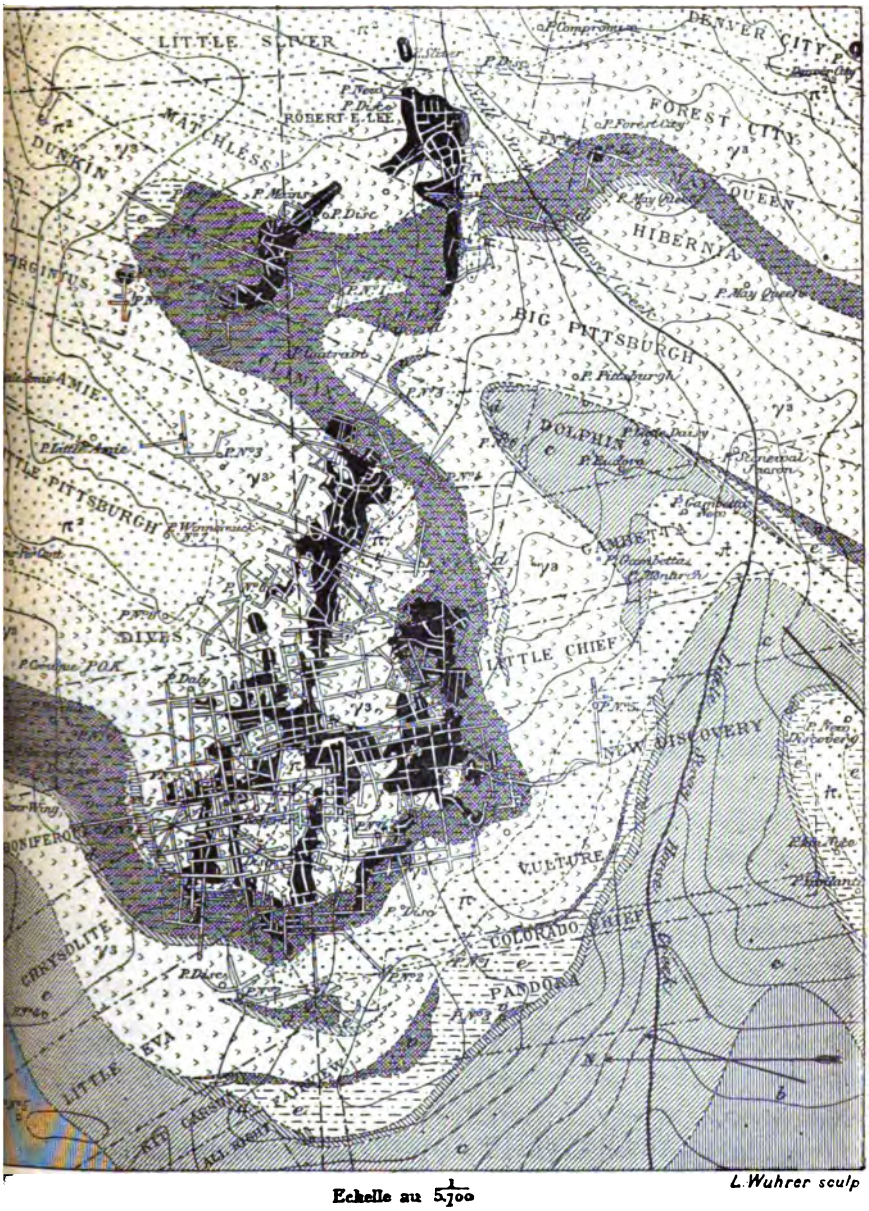



Fig. 331. — Carte géologique du groupe de Fryer Hill, à Leadville. (Figurés de la figure 324.)

gris, un enrichissement notable. Les minerais sont les mêmes qu'à Iron Hill.

Les mines peuvent se diviser en deux groupes :

Au Sud, Carbonate, Little Giant et Yankee Dodle, à l'Est de la faille principale ; Aetna et Glass Pendery, à l'Ouest ;

Au Nord, Crescent, Catalpa, Evening Star, Morning Star, Waterloo, Henriett, etc.

**Groupe de Fryer Hill.** — Le groupe de Fryer Hill (fig. 331 et 332), fameux par la richesse en argent de ses gisements, n'occupe qu'un espace assez restreint. Les phénomènes de substitution y ont été poussés à l'extrême. En même temps, les calcaires ont subi un plissement considérable et ont été, par l'intrusion de la microgranulite, comme laminés et divisés : en sorte, qu'au lieu d'en trouver une couche compacte sous le porphyre, on n'en rencontre souvent que des lambeaux discontinus et disséminés.

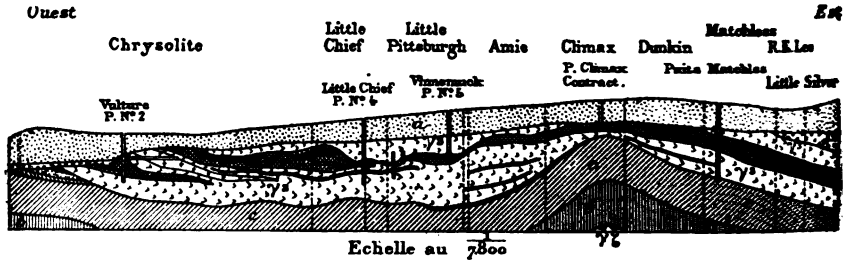



Fig. 332. — Coupe transversale Est-Ouest de Fryer Hill le long de Stray Horse Ridge.

Les gisements sont extrêmement irréguliers ; on peut citer, comme mines : la Chrysolite Mining C°, New-Discovery, Little Chief, Little Pittsburgh, Amié, Climax, Dunkin, Matchless, etc. Le gîte de Lee a présenté cette particularité de ne contenir que de l'argent sans plomb, probablement parce qu'il est entièrement secondaire.

Voici quelques exemples de production [1] :

[1] *Engineering*, 16 janvier 1886.

| | MINERAI | PLOMB | GRAMMES D'ARGENT Par tonne |
|---|---|---|---|
| | Tonnes | p. 100 | |
| Pryor-hill (mine Chrysolithe) | 10 561 | 21,45 | 1 kg. 963 |
| Carbonate-hill (mine Evening Star | 6 315 | 16,10 | 1 — 170 |
| Carbonate-hill (mine Morning Star | 4 794 | 38,45 | 0 — 750 |
| Iron-hill (mines de la Silver company) | 152 457 | 18,60 | 0 — 450 |

*Bibliographie.*

1868. Simonin. — Mines d'argent du Colorado. (*B. S. G.*, 2e, t, XXV, p. 453; *R. Deux-M.*)

1879. Poszepny. — Leadville; die neue Bleistadt in Colorado. (*Oester. Zeits.*)

1884. H. Gunn. — On the Silver districts of Colorado (*Leadville* and San Juan). (*Proceedings of the royal physical Society*, 1883-84, p. 155. Edimburg.)

1886. Emmons. — Geology and mining industry of Leadville.

1889. Daubrée. — Eaux souterraines.

1890. J.-D. Hawkins. — Minium from *Leadville*. (*The Amer. J. of Sc.*, XXXIX, p. 42. New-Haven, 1890.)

## GISEMENTS DE PLOMB DE TUNISIE[1]

M. Fuchs a étudié, en Tunisie, divers gisements de plomb, d'âge tertiaire, intercalés dans les calcaires nummulitiques. Le principal, au point de vue industriel, semble être le *Djebel Reças* qui paraît avoir été déjà attaqué par les Romains et qui a donné lieu récemment à des commencements d'exploitation. Ce gisement est situé à quelques kilomètres de Tunis, dans la montagne du Djebel Reças. Les terrains avoisinants appartiennent à deux groupes :

Le *supérieur* est composé de calcaires compacts, gris violacé pâle, sans traces organiques de polypiers ou nummulites, mais qui doivent cependant se rattacher, d'après l'ensemble de leurs caractères, à l'éocène moyen. (Nummulites de Djebba.)

L'*inférieur* est argilo-marneux et renferme des schistes micacés et même quartzeux. Il est incliné et en discordance avec les calcaires qui le surmontent, lesquels sont déposés horizontalement et présentent des escarpements presque verticaux.

[1] Voir la carte de Tunisie, t. I, p. 402.

Au milieu de ces terrains, le principal filon est situé au Nord-Est du sommet principal et son affleurement est voisin de la crête, entre 570 et 605 mètres d'altitude.

La fracture, qui a livré passage aux substances filoniennes, présente une puissance de plusieurs mètres.

Sa direction est Nord 5 à 7° Ouest. La partie métallique, distribuée irrégulièrement dans une gangue de calcaire cristallin avec inclusions bréchoïdes, présente une puissance réduite de $0^m,40$ à $0^m,50$.

Le *remplissage* est constitué par de la galène mélangée de cérusite, de calamine et de blende. Le minerai trié a donné à l'analyse :

| | | |
|---|---|---|
| Plomb . . . . . | 49,60 p. 100. | pas d'argent. |
| Zinc . . . . . | 19,70 — | |

## 3° GISEMENTS DE PLOMB SÉDIMENTAIRES

Les gisements de plomb sédimentaires d'une certaine importance sont très rares, et il n'en est que bien peu où l'on soit sûr de ne pas avoir affaire à une imprégnation postérieure, analogue à celle que pourrait produire une nappe artésienne minéralisée en se répandant au milieu d'une couche perméable, comme un grès, ou, tout au moins attaquable aux acides, comme un calcaire. C'est ainsi que, si nous avions adopté une autre théorie, nous aurions pu classer, dans ce chapitre, une partie des gisements de la province de Carthagène, de ceux de Raibl, etc. Il est certain, d'autre part, qu'il semble y avoir eu, dans l'Europe centrale, de très abondantes venues plombifères, pendant la période qui commence au permien pour s'étendre jusqu'au lias, et l'on conçoit très bien que ces métaux, disséminés dans les eaux d'un bassin où se formaient des sédiments, aient pu se déposer avec eux. C'est sans doute à des actions de ce genre qu'il faut attribuer la présence de mouches de galène dans certaines arkoses et meulières triasiques ou infraliasiques du plateau central; une hypothèse analogue peut également être adoptée pour les grès plombifères de Commern, Mechernich, Saint-Avold, etc., que

nous allons décrire, ainsi que pour les gites de Silésie, dont l'étude a été faite au chapitre du *Zinc*[1].

## GRÈS PLOMBIFÈRES ET CUPRIFÈRES

### DE COMMERN, MECHERNICH ET SAINT-AVOLD

Il existe, en Allemagne, d'Aix-la-Chapelle à Sarrelouis, un long affleurement Nord-Sud de grès bigarré, qui présente, en bien des points, des signes de minéralisation, comparables, dans une certaine mesure, à ceux des schistes cuprifères du Mansfeld ou des grès cuprifères de Perm. Mais ici le cuivre n'est qu'un accessoire, tandis que le plomb joue un rôle important.

Dans cette région, le grès bigarré couvre le plateau de la Sarre, les Vosges et le Hardt et se prolonge par quelques îlots avancés jusqu'aux environs de Düren près Cologne. C'est surtout aux deux extrémités de cette bande, près de Düren au Nord, de Sarrelouis au Sud, que se trouvent les métaux (fig. 333).

1° Au Nord, à *Commern*, dans l'Eifel, le grès bigarré affleure, sur les couches dévoniennes des bords du Rhin, sur une longueur de 25 kilomètres et une largeur de 8. A la base, il comprend des grès grossiers peu colorés et des conglomérats avec plomb ; à la partie supérieure, des grès rouges, à grain fin, correspondant au Röth.

Les grès bigarrés à nodules de galène sont exploités principalement au *Bleiberg*, près Düren, à côté de Cologne, entre Call et Mechernich, sur une longueur de 8 kilomètres et une largeur de 2. Ils débutent par une assise d'argile rouge et un banc de conglomérat de $0^m,50$ à 6 mètres de puissance, nivelant toutes les inégalités du dévonien sous-jacent. Au-dessus, vient la couche noduleuse inférieure, de 18 mètres d'épaisseur, recouverte par un autre banc de conglomérat, puis la couche noduleuse supérieure de 26 mètres de puissance.

Quelques failles recoupent le gîsement, dont une, celle de Sonnenberg, est remplie de barytine blanche.

[1] Page 449.

Le grès noduleux métallifère [1] est un grès blanc, généralement friable, formé de petits grains quartzeux, avec ciment argileux et parfois un peu calcaire. On a remarqué que les nodules de minerai

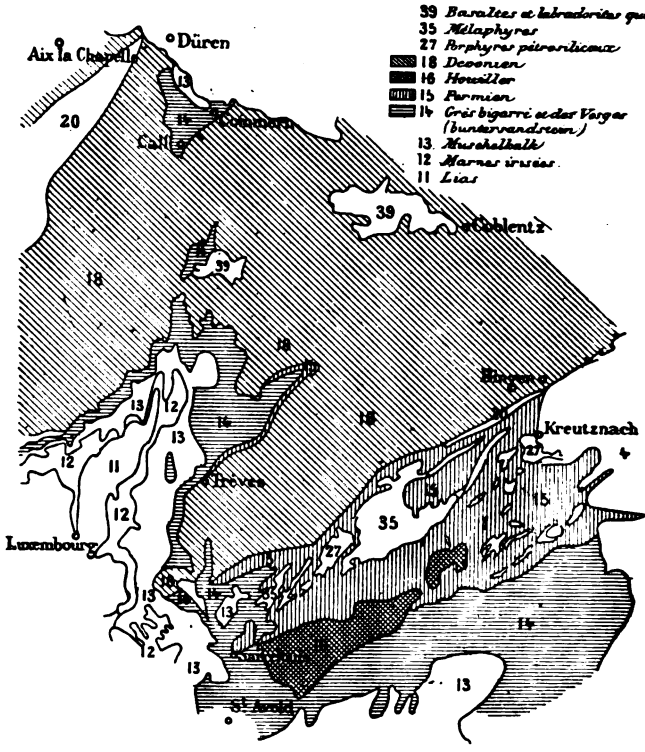



Fig. 333. — Carte de la région de Commern et Saint-Avold, d'après la carte géologique de France au $\frac{1}{1.000.000}$.

existaient seulement dans les grès blancs et disparaissaient dès que la roche est colorée.

Les nodules eux-mêmes sont des concrétions arénacées de grosseur variable (1 à 8 millimètres), renfermant, outre le ciment ordinaire, divers minerais cristallisés, galène, plus rarement céruse, et, très rarement, sels de cuivre.

Certains nodules sont stériles.

La répartition des nodules est variable. Ils sont tantôt serrés les uns contre les autres, tantôt disposés en groupe, ou tantôt

[1] Voir V. Groddeck, p. 128.

isolés et éloignés les uns des autres. Lorsque les bancs de conglomérat sont minéralisés, ce n'est pas par des nodules, mais par de petites masses cristallines et lamellaires de galène, finement réparties dans le ciment ou réunies en cordon.

Au Bleiberg, on rencontre, en outre, au mur du banc de grès plombifère, des masses homogènes de galène, pouvant atteindre 0m.75 de diamètre, associées à du calcaire.

A la mine Friedrich Wilhelm, à Berg, près de Commern, on trouve, associés aux nodules, des minerais de cuivre : entre autres, de l'azurite et de la malachite. Ces minerais de cuivre forment, eux-mêmes, des nodules dans une couche de grès de 3 mètres de puissance.

Près de Call, à la partie supérieure d'une argile rouge, se rencontrent 3 couches de cérusite compacte mêlée d'argile, partie en nodules, partie en petites lamelles.

La teneur en poids des nodules du grès plombifère est, en général, de 0,15 à 1,5 p. 100 de plomb et s'élève quelquefois à 2 et 3 p. 100 de plomb.

Les plombs sont un peu argentifères (0,00027 d'argent).

2° Au Sud de cette longue bande de grès bigarré (bunter Sandstein), on retrouve des gisements de grès plombifères, analogues à ceux de Commern et de Mechernich, en Lorraine, dans la région comprise entre *Saint-Avold* et Wallerfangen, près de Sarrelouis[1] et ces grès renferment, comme ceux de Commern, à la fois des minerais de plomb et des minerais de cuivre.

Les affleurements du trias forment là un vaste fer à cheval autour du massif complexe constitué par le plateau du Hundsrück et le bassin houiller de Sarrebrück. A l'extérieur de ce fer à cheval, le grès permien est régulièrement recouvert par le trias qui présente, presque partout, une falaise abrupte encadrant le plateau permien. Une deuxième falaise, placée plus en retrait et n'existant que dans la partie occidentale, vient, à son tour, superposer le jurassique au trias. L'ensemble des couches plonge légèrement vers l'Ouest.

La coupe générale des terrains métallifères, qui sont compris

[1] Groddeck, p. 128.

dans les collines ou contreforts surmontant la plaine de la Sarre, est la suivante (fig. 334) :

A la partie supérieure se trouve le muschelkalk ; puis viennent environ 15 mètres de marnes, sables et grès verts et rouges et, au-

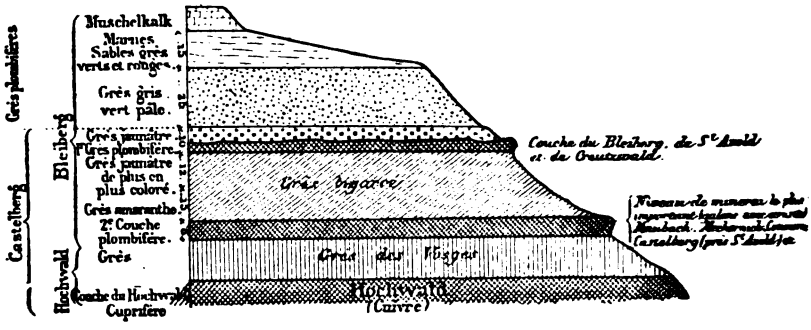



Fig. 334.
Coupe générale de l'escarpement qui termine le plateau de la Sarre (Saint-Avold).

dessous, 25 mètres de grès vert pâle, surmontant un grès jaunâtre qui renferme la couche métallifère supérieure. Cette couche est surtout développée au Bleiberg de Saint-Avold et à Creutzwald.

Plus bas, séparant cette couche d'une seconde couche de grès plombifère, se présentent deux assises de grès jaunâtres. La seconde couche plombifère, dite couche de Castelberg et de beaucoup la plus importance par sa constance et sa régularité, arrive ensuite : c'est celle de Maubach, Commern et Mechernich.

L'ensemble des gisements se termine par le grès des Vosges, à la partie inférieure duquel se trouve la couche *cuivreuse* du Hochwald, qui a été l'objet, il y a quelques années, de tentatives d'exploitation suivies de peu de succès.

La *couche* plombifère, dite du *Castelberg*, a une épaisseur assez constante de 6 à 7 mètres. A sa partie inférieure, elle se compose d'un grès blanchâtre très peu micacé, qui passe souvent au jaune par suite de la présence d'un peu de molybdate de plomb. Il renferme, irrégulièrement distribués dans sa masse, une série de galets de quartz blanc, qui, tantôt se réunissent en une couche unique formant un véritable conglomérat et tantôt sont répartis sur toute la hauteur. Dans la partie médiane, se trouvent quelques veines rougeâtres qui viennent barioler le grès blanc sur une hauteur de $0^m,25$ à $0^m,75$.

Le plomb est disséminé, dans ces assises, en petites mouches de galène formant, soit une imprégnation à peine visible, soit des noyaux dits *knoten*, qui ont été d'abord exclusivement exploités et ont donné leur nom au grès (knotensandstein). La galène est légèrement blendeuse, le zinc paraissant concentré dans les knoten. A côté de la galène, on trouve la cérusite et le molybdate de plomb, qui forme un enduit jaunâtre, colorant légèrement la masse du grès en plusieurs points.

La *couche du Bleiberg* est composée d'un grès brun jaunâtre assez micacé; l'imprégnation métallifère y présente la même allure qu'au Castelberg, mais elle est plus irrégulière et plus condensée.

Les knoten tiennent de 40 à 50 p. 100; exceptionnellement, on trouve quelques masses ayant une teneur supérieure à 10 p. 100. Aux environs de Saint-Avold, la teneur varie de 1 à 6 p. 100.

Les plombs sont, de plus, légèrement argentifères.

Le *cuivre* se trouve, comme nous l'avons dit, surtout dans la couche dite de Hochwald, à la partie supérieure du grès bigarré.

On connaît, à Freyhung (haut Palatinat), dans les couches du keuper, un gîte de minerai de plomb qui rappelle le grès noduleux de Commern.

Quelques tableaux ci-joints résument, d'après M. Fuchs, les principales données économiques relatives à ces gisements :

TABLEAU DE LA TENEUR EN PLOMB DE DIVERSES PRISES D'ESSAI DES MINERAIS DE LA COUCHE DU CASTELBERG

| NATURE ET ORIGINE des échantillons | TENEUR EN PLOMB | | | | | | TENEUR EN ARGENT grammes à la tonne de plomb. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | D'après la monnaie de Paris | D'après l'école des mines | D'après M. Walter Genève | D'après M. Sellier Paris | Moyenne | Moyenne générale | |
| Prises d'essai n° 4 . | 4,52 | » | 4,92 | » | 4,72 | 4,13 | 17 grammes, soit 0,26 à la tonne de minerai. |
| | 6,39 | 6,50 | 6.747 | 7,05 | 6,65 | | |
| | 4,40 | 3,80 | 4,848 | 4,35 | 4,35 | | |
| | » | » | » | 0,82 | 0,82 | | |
| Aux affleurements . | 3,21 | 3,30 | 3,619 | 3,22 | 3,35 | | |
| — | 1,50 | 1,02 | 1,468 | 1,22 | 1,30 | 2,35 | 17 grammes. |
| Echantillons riches. | 10.7 | » | » | » | » | | |
| | 7,97 | » | » | » | » | | |
| Knoten riches . . . | » | » | » | plus de 50 p. 100 | » | | 73gr.,33 à la tonne de minerai. |

TABLEAU DE LA TENEUR EN PLOMB DE DIVERSES PRISES D'ESSAI DE COUCHES DU BLEIBERG (PRÈS SAINT-AVOLD)

| PRISES D'ESSAI | TENEUR EN PLOMB | | | MOYENNE des analyses | TENEUR EN ARGENT grammes à la tonne de Pb |
|---|---|---|---|---|---|
| | N° I | N° II | N° III | | |
| Moyenne. . . . | 2,90 | 3,175 | 2,95 | 3,008 | |
| Riche . . . . . | 4,46 | » | 4,45 | 4,455 | 560 grammes. |
| Pauvre. . . . . | 0,90 | » | 0,82 | 0,860 | |
| | Moyenne générale de toute la couche 2,774 | | | | |

TABLEAU DU PRIX DE REVIENT DE L'EXTRACTION DES MINERAIS DE SAINT-AVOLD
Rapporté à la tonne de plomb d'œuvre.

| TENEURS | | PLOMB CONTENU | | | QUANTITÉ de minerai nécessaire par tonne de Plomb. | PRIX de revient de l'extraction rapporté à la tonne de plomb |
|---|---|---|---|---|---|---|
| TOTALE p. 100 | Finalement utilisée | Dans les grès livrés à l'usine | Dans les schistes sortant de la laverie | Plomb d'œuvre | | |
| | | Tonnes | Tonnes | Tonnes | Tonnes | Francs |
| 2 | 1,44 | 900 | 720 | 618 | 70 | 175 |
| 2,5 | 1,80 | 1 125 | 825 | 788 | 55 | 137 |
| 3 | 2,16 | 1 350 | 1 080 | 972 | 46 | 115 |
| 3,5 | 2,52 | 1 575 | 1 260 | 1 134 | 39 | 98 |
| 4 | 2,98 | 1 800 | 1 440 | 1 296 | 34 | 85 |
| 4,5 | 3,24 | 2 025 | 1 620 | 1 458 | 30 | 75 |
| 5 | 3,60 | 2 250 | 1 800 | 1 620 | 27 | 68 |

TABLEAU DES FRAIS TOTAUX POUR L'EXTRACTION ET LE TRAITEMENT DES MINERAIS DE PLOMB DE SAINT-AVOLD
Rapportés à la tonne de plomb, dans l'hypothèse d'un travail journalier de 100 mètres cubes ou 150 tonnes.

| TENEUR p. 100 | Extraction | Préparation mécanique | Fonderie | Total des frais spéciaux | Frais généraux | Amortissement des installations | Intérêt des fonds de roulement | TOTAL général |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Francs | Francs | Francs | Francs | Francs | Francs | Francs | Francs |
| 2 | 175 | 82 | 60 | 317 | 77 | 85 | 8 | 487 |
| 2,5 | 137 | 73 | 60 | 270 | 63 | 69 | 7 | 409 |
| 3 | 115 | 65 | 60 | 261 | 51 | 56 | 5 | 373 |
| 3,5 | 98 | 60 | 60 | 218 | 44 | 48 | 5 | 315 |
| 4 | 85 | 55 | 60 | 200 | 38,50 | 42 | 4 | 280 |
| 4,5 | 75 | 51 | 60 | 186 | 34 | 37 | 4 | 261 |
| 5 | 68 | 48 | 60 | 196 | 31 | 34 | 3 | 244 |

RÉSULTATS DE L'EXPLOITATION DES MINES ET USINES DE MECHERNICH, PRÈS COMMERN, DANS L'EIFEL (PRUSSE RHÉNANE)

| | 1869 | 1870 | 1871 | 1872 | 1873 | 1874 | 1875 | 1876 | 1877 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Production de grès plombifères (en m³) | » | » | 227 089 m³ | » | 224 265 m³ | 220 488 m³ | 243 952 m³ | 252 322 m³ | 331 971 m³ |
| Déblai de roche stérile (en m³) | » | » | 674 835 m³ | » | 468 600 m³ | 558 396 m³ | 475 607 m³ | 578 948 m³ | 835 945 m³ |
| Teneur en plomb du grès plombifère p. 100 | » | 1,88 | 1,97 | » | » | 1 937 | 1,60 | 1,55 | 1,98 |
| Rendement de ce grès p. 100 | » | 1,50 | 1,58 | » | » | 1 550 | 1,23 | 1,17 | 1,59 |
| Pertes à la laverie et fonderie p. 100. | 20 | 20 | 20 | » | » | 20 | 23 | 25 | 20 |
| Production du plomb en tonnes | 110,18 | 10 855 t. | 11 198 | 9 432 | 11 884 | 12 672 | 10 599 | 10 911 t. | 15 762 |
| Production d'alquifoux en tonnes | » | 1 458 t. | 1 485 | 1 485 | 1 458 | 1 401 | 1 500 | 1 395 | 1 237 |
| Teneur du plomb en arg. (gr. par t.). | » | 211 gr. | 230 | 268 | 240 | 248 | 226 | 222 | » |
| Production d'argent en kilos | » | 2 290 kil. | 2 573 | 2 503 | 2 847 | 3 143 | 2 390 | 2 422 | 3 701 |
| Dépenses pour le déblai | » | » | 843 543 fr. | » | 585 750 | 697 995 | 594 510 | 723 685 | 1 044 951 |
| Dépenses par tonne de plomb | » | » | 75 fr. 33 | » | 49,29 | 55,82 | 56,90 | 62,40 | 62,00 |
| Amortissement par tonne de plomb. | » | 36 fr. 90 | 39 fr. | 35 fr. 50 | 69,00 | 41,00 | 51,00 | 60,00 | » |
| Bénéfice par tonne de plomb, y compris la valeur de l'argent et de l'alquifoux | » | 138 fr. | 106 fr. 60 | 5 fr. 17 | 156 fr. 35 | 144 fr. 12 | 110 fr. 87 | 114 fr. 55 | 152 fr. |
| | Fr. | Fr. | Fr. | Fr. | Fr. | Fr. | Fr. | Fr. | Fr. |
| Dividendes | 1 200 000 | 1 200 000 | 960 000 | Incendie du puits principal | 1 440 000 | 1 440 000 | 960 000 | 1 080 000 | 1 440 000 |
| Fonds de réserve | 145 500 | 147 727 | 115 725 | | 187 905 | 188 898 | 77 388 | » | |
| Amortissements | 433 666 | 438 947 | 479 277 | 368 677 | 894 392 | 561 126 | 594 039 | 725 203 | 1 173 231 |
| Eonctionnaires | 109 975 | 113 681 | 75 525 | 11 250 | 155 857 | 155 876 | 84 320 | 99 447 | |
| Bénéfice total | 1 889 191 | 1 900 356 | 1 630 527 | 379 927 | 2 678 055 | 2 345 901 | 1 715 748 | 1 904 651 | 2 573 231 |
| Bénéfice p. 100 | 15,75 | 15,85 | 13,60 | 3,15 | 22,30 | 19,55 | 14,30 | 15,90 | 12,00 |

En 1890, le district minier de Cologne, a produit 6 506 tonnes de minerais de plomb préparés; celui d'Aix-la-Chapelle, 47 580 tonnes.

## *Bibliographie.*

1807. Dartiques. — *Journal des Mines*, t. XXII, p. 331.
Bleibtren. — Schriften d. miner. Gesell. zu Iena, t. II, p. 79.
1825. (*Karstens Arch.*, t. IX, p. 62.)
Annalen d. Wetteranischen Gesellsch, t. III, p. 29.
1853. Carnall. — Zeitschr. d. d. geol. Ges., p. 242.
1856. Breithaupt. — Berg. u. Hütt, Z, p. 7.
1861. Cotta, p. 156.
Jacquot et Barré. — Accidents strat. de la région de Sarre-et-Moselle.
1857. Jacquot. — Notice hist. et géol. sur les mines de plomb et de cuivre des environs de Saint-Avold, Hargaren et Sarrelouis. (*Ann. de l'Ac. de Metz.*)
1860. Fayn. — Sur les mines de plomb de Commern (Eifel). (*Cuyper*, t. VII, p. 314 et t. XXIII, p. 284.)
1861. Ad. Gurlt. — Verhandl. d. naturh. Vereins d. p. Rheinl. u. Westf., p. 60.
1862. W. Jung. — Sur Berg près Commern. (*Berg. u. Hütt. Zeit.*, p. 229.)
1866. Diesterweg. — Sur Bleiberg. (*Zeitschr. f. d. B. H. u. S. im pr. St.*, 1866, t. XIV, p. 159.)
1866. Simon. — Sur Saint-Avold. (*Berg. u. Hütt. Z.*, 1866, 2e semestre, p. 412, 441 et 430.)
1867. Simon. — Gis. métall. de Sainf-Avold. (*Cuyper*, 1867, 1re s., t. XXII.)
1879. Groddeck, p. 128.
1879. Hauchecorne. — Ueber Bleierzen aus dem Buntsandstein von *Saint-Avold*. (*Zeit. der D. geologischen Gesellschaft*, t. XXXI, p. 209. Berlin, 1879.)
1883. Dechen. — Geol. Übersichts Karte der Rhein Provinz und der Provinz Westfalen au $\frac{1}{500.000}$ (2e édition de 1883).

## *Bibliographie générale du plomb.*

1852. Ville. Mines de plomb de l'Ouest de la prov. d'*Oran*. (*B. S. G.*, 2e, t. IX, p. 379.)
1859-65. Sapwith. — On the lead-mines of *England*. (*Proceedings of the geologist's associations*, t. I, p. 312, London, 1859-65.)
1824. Mines de plomb de la *Serbie*. (*Bull. Ann. d. M.*, 6e, t. IX, p 628.)
1870. Blanchard. — Mine de *Tende* ou de Vallauris (Nice). (*Cuyper*, t. XXVII, p. 170.)
1879-80. Forket. — Sur la présence du mispickel et de la Galène à *Nil-Saint-Vincent*. (*Annales de la Société géologique de Belgique*, t. VII, Liège.
Tichborne. — On an argentiferous Galenitic-blende at *Ovoca*, p. 296.
1888. Scharizer. — Ueber *persische* Bleierze. (*Ver. d. K. K. geol. Reichs.*, Vienne.)
1888. Kosman. — Ueber die Verbreitung der Blei und Zink formation des Muschelkalkes in *Oberschlesien*. (*Jahresbericht der Schlesischen Gesellschaft für Vaterlandischen Cultur*, t. LXVI, Breslau, 1888.)

# MERCURE

Hg ; Eq = 100 — P. At. = 200

## USAGES ET STATISTIQUE

**Usages.** — Le mercure n'a que des usages assez restreints. Aussi, malgré sa rareté, n'atteint-il qu'un prix relativement faible. Deux industries seulement l'utilisent en grand : l'extraction de l'or et de l'argent par l'amalgamation et la fabrication du vermillon. Ses autres emplois, quoique nombreux, n'en consomment qu'une petite quantité.

Pour le *traitement des métaux précieux*, le mercure est souvent un élément indispensable, dont le défaut s'est fait vivement sentir en certains pays, grands producteurs d'argent, comme le Mexique. Cependant, il n'est qu'une seule classe de minerais d'argent qui passent à l'amalgamation, les minerais d'argent proprement dits, comme ceux du Comstock, de Zacatecas, etc. ; les galènes et carbonates argentifères, comme ceux de Leadville, sont traités par une méthode différente. D'autre part, la demande de vermillon est limitée par la concurrence des autres matières rouges.

Le *vermillon* le plus estimé vient de Chine, où on l'obtient par un procédé qui n'est pas connu.

A Idria, où l'on en fabrique également, on opère par voie sèche : 1° préparation de l'éthiops (mélange intime de soufre et mercure) ; 2° sublimation pour transformer l'éthiops en cinabre artificiel ; 3° broyages et raffinages pour donner du vermillon. De 1839 à 1877, l'usine d'Idria a fabriqué 130 000 tonnes de vermillon. Le déchet de mercure est de un tiers.

En dehors de ces deux applications principales, on a longtemps consommé beaucoup de mercure pour la dorure ; mais le procédé,

nuisible à la santé des ouvriers, a été, presque partout, remplacé par la dorure galvanique[1]. L'amalgame d'étain servait, de même, autrefois, presque exclusivement, pour l'étamage des glaces : on étendait, sur une table de fonte, une feuille d'étain, sur laquelle on versait du mercure, on faisait glisser la glace au-dessus et on chargeait avec des poids. De même, l'amalgame de bismuth (1 de bismuth et 4 de mercure) servait, en raison de son adhérence très forte, à étamer les ballons. Le même motif d'insalubrité fait, aujourd'hui, dans ces deux cas, préférer l'argenture.

Comme emplois accessoires, un peu de mercure passe à la fabrication des thermomètres, des cuves à gaz de laboratoire, en médecine, à la préparation du calomel, des onguents, du sublimé; l'amalgame de palladium qui se moule comme de la cire et durcit vite, fournit des plombages aux dentistes. Les botanistes, en mettant une feuille entre du papier au chlorure de platine et une plaque de cuivre amalgamé, ont pu en reproduire les nervures. Enfin, il y a quelques années, on avait cru trouver un débouché important dans le procédé d'un M. Baur de San-Francisco pour le traitement du phylloxera : le système a été abandonné.

Par suite de ces applications diverses, la consommation annuelle de mercure dans le monde[2], très constante depuis dix ans, peut être estimée à environ 120 000 bouteilles, ou 4 000 tonnes; sur ce total, 90 000 bouteilles environ viennent de l'Europe. L'Angleterre, qui est le centre du commerce du mercure, en a importé, en 1886, 58 968 bouteilles et exporté 66 109 qui ont été dirigées sur les points suivants :

| | | |
|---|---|---|
| Chine (Hong-Kong. . . . . | 21 515 | bouteilles. |
| Etats-Unis . . . . . | 12 311 | — |
| Mexique . . . . . | 10 592 | — |
| France . . . . . | 4 553 | — |
| Allemagne . . . . . | 3 557 | — |
| *A reporter* . . . | 52 528 | bouteilles. |

[1] Dans les ateliers où l'on travaille le mercure, on répand, chaque soir, sur le sol, un demi-litre d'ammoniaque liquide. Les ouvriers des mines de mercure sont, de même, forcés de passer, de temps en temps, à un autre travail.

[2] D'après M. Habich, déduction faite de la partie de la production autrichienne qui est transformée immédiatement en vermillon, on peut évaluer environ à 88 000 bouteilles, ou 3 050 tonnes, la quantité annuelle de mercure métallique livrée à la consommation. La bouteille de mercure est de 34 kil. 65.

| | | |
|---|---|---|
| *Report* . . . | 52 528 | bouteilles. |
| Pérou . . . . . | 3 188 | — |
| Chili. . . . . | 2 297 | — |
| Autres pays. . . . . | 8 096 | — |
| | 66 109 | bouteilles. |

La Chine, qui importe, comme on le voit, une quantité considérable de mercure, indépendamment de celui qu'elle produit elle-même, le transforme tout entier en vermillon.

Le *marché* du mercure est presque exclusivement concentré en Angleterre, comme celui de beaucoup d'autres métaux. Conformément à une ancienne coutume, les ventes se font par bouteilles (bottle, flask; frasco à Almaden), contenant pratiquement 34$^{kg}$,50[1] de mercure chacune. Le cours du mercure est donc réglé en livres sterling par flask.

Le *prix moyen du mercure* varie de 5 à 7 francs le kilogramme ; un tableau ci-joint indique les cours à Londres, comptés en francs par bouteille, depuis 1850.

| | 1850 | 1855 | 1860 | 1865 | 1870 | 1875 | 1880 | 1885 | 1887 | 1889 | 1890 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Prix le plus haut. | 375 | 172 | 175 | 200 | 250 | 600[1] | 194 | 188 | 282 | 244 | 262 |
| Prix le plus bas. | 328 | 163 | 175 | 196 | 170 | 265 | 159 | 138 | 159 | 187 | 226 |

[1] En 1874, le prix avait même atteint 650 francs. On trouvera un tableau plus complet dans les *Mineral Resources* des États-Unis.

En décembre 1892, le prix est, à Londres, de 163 francs.

On a calculé que, de 1850 à 1886, la production comparée du mercure, de l'or, de l'argent et de l'étain pouvait être représentée par les rapports suivants :

| | PRODUCTION TOTALE | | | | VALEUR TOTALE PROPORTIONNELLE | | | VALEUR PROPORTIONNELLE PAR KILOGR. | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Kilogrammes | Proportion approximative | | | | | | | | |
| Or . . . . | 6 484 922 | 1, | 0,11 | 0,064 | 1, | 1,79 | 29,3 | 1, | 16 | 458, |
| Argent . . | 58 054 906 | 8,9 | 1 | 0,57 | 0,56 | 1 | 16,4 | 0,063 | 1 | 28,7 |
| Mercure . . | 101 300 000 | 15,6 | 1,74 | 1 | 0,03 | 0,06 | 1 | 0,002 | 0,035 | 1, |
| Etain . . . | 620 000 000 | 95,6 | 10,7 | 6,12 | 0,07 | 0,13 | 2,2 | 0,0008 | 0,013 | 0,36 |

[1] 76,5 pounds avoir-du-poids ou, exactement, 34$^{k}$,65.

Cette production de mercure se répartit, comme suit, entre les principaux pays producteurs :

MINERAI DE MERCURE

| ANNÉES | AUTRICHE | | ESPAGNE | |
|---|---|---|---|---|
| | Tonnes | Francs par tonne | Tonnes | Francs par tonne |
| 1880 | » | » | 26 336 | 20 |
| 1881 | 48 204 | 25 | 23 919 | 93 |
| 1882 | 46 968 | 29 | 27 000 | 222 |
| 1883 | 48 500 | 30 | 22 600 | 231 |
| 1884 | 57 100 | 26 | 25 800 | 240 |
| 1885 | 67 400 | 27 | » | » |
| 1886 | » | » | 25 300 | 243 |
| 1887 | 70 500 | 23 | 27 100 | 223 |
| 1888 | 73 000 | 27 | 28 000 | 211 |
| 1889 | 73 000 | 28 | » | » |
| 1890 | 70 700 | 31 | » | » |
| 1891 | 70 633 | 32 | » | » |

MERCURE

| ANNÉES | AUTRICHE | | ITALIE | | ESPAGNE | | ÉTATS-UNIS | | RUSSIE | | HONGRIE | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Tonnes | Francs par tonne | Tonnes | Francs par tonne | Tonnes | Francs par tonne | Tonnes | Francs par tonne | Tonnes | Francs par tonne | Tonnes | Francs par tonne |
| 1880 | » | » | 109 | 6 000 | 1 387 | 4 314 | 2 076 | » | » | » | » | » |
| 1881 | 398 | 4 849 | » | » | 1 812 | 4 440 | 2 108 | » | » | » | » | » |
| 1882 | 409 | 4 650 | 140 | 4 000 | 1 705 | 4 502 | 1 827 | » | » | » | » | » |
| 1883 | 466 | 4 224 | 267 | 3 800 | 1 667 | 4 492 | 1 829 | 4 213 | » | » | » | » |
| 1884 | 499 | 4 212 | 237 | 3 700 | 1 564 | 4 473 | 1 100 | 4 110 | » | » | » | » |
| 1885 | 487 | 4 768 | 251 | 3 704 | 1 694 | 4 497 | 974 | 5 209 | » | » | » | » |
| 1886 | 541 | 5 377 | 251 | 3 700 | 1 846 | 4 500 | 1 032 | 5 290 | » | » | » | » |
| 1887 | 532 | 3 994 | 244 | 4 200 | 1 887 | 5 450 | 1 165 | 6 317 | » | » | » | » |
| 1888 | 541 | 6 415 | 339 | 4 994 | 1 865 | 5 365 | 1 145 | 6 357 | » | » | » | » |
| 1889 | 567 | 6 695 | 386 | 5 900 | 1 759 | » | 918 | 6 717 | 170 | » | 10 | 5 200 |
| 1890 | 542 | 6 485 | 449 | 6 503 | 1 791 | » | 793 | » | » | » | 10 | » |
| 1891 | 570 | 5 340 | » | » | 1 720 | » | » | » | » | » | » | » |

c'est-à-dire, par ordre de production :

| | 1884 | 1889 | 1890 |
|---|---|---|---|
| Espagne. . . . . | 1 564 tonnes. | 1 759 tonnes. | 1 791 tonnes. |
| États-Unis. . . . . | 974 — | 918 — | 793 |
| Autriche . . . . . | 487 — | 567 — | 542 |
| Italie . . . . . | 267 — | 386 — | 449 |
| Russie. . . . . | » — | 170 — | ? |
| Bornéo . . . . . | » — | 60 — | ? |
| Hongrie. . . . . | » — | 10 — | 10 |
| Total approximatif. | | 3 900 tonnes. | 3 750 tonnes. |

On voit que, dans tous les pays, la production a une tendance à s'accroître, sauf en Californie, où il s'est produit, depuis 1881, une baisse continue, correspondant à l'épuisement progressif des gîtes.

En outre, on peut remarquer combien le nombre des mines de mercure est restreint. Pendant longtemps, il l'a été plus encore et la mine espagnole d'Almaden a eu une sorte de monopole, qui permettait au gouvernement espagnol de vendre le mercure un prix très élevé aux mines d'argent du nouveau monde. Cependant on a exploité jadis deux mines : l'une au Pérou, Huancavelica ; l'autre en Chine, Kwei-chau, aujourd'hui adandonnées, quoique peut-être loin d'être épuisées ; en revanche, la Californie et l'Italie, puis la Russie ne sont devenues que depuis fort peu de temps des pays producteurs. Résumons rapidement cette *histoire de la production du mercure*.

La plus grande mine de mercure du monde est celle d'*Almaden*, qui a été exploitée au moins 400 ans avant l'ère chrétienne[1]. Pline parlait déjà de 10 000 livres de cinabre apportées par an d'Almaden (Sisapo) à Rome. Jusqu'à l'invention de l'amalgamation en 1557, l'extraction dut cependant être toujours assez faible ; mais, depuis cette époque, elle a été constamment croissant. Le gisement passe pour s'enrichir en profondeur ; en tous cas, il est loin d'être épuisé : les seuls piliers abandonnés suffiraient pour la consommation du monde entier pendant bien des années.

La production connue a été, jusqu'ici, d'environ 4 millions de bouteilles.

En dehors d'Almaden, l'*Espagne* produit aujourd'hui un peu de mercure (1 877 bouteilles en 1888) dans les provinces d'Oviedo, de Grenade et de Ciudad Reald.

Les gisements d'*Idria*, en Carniole[2], furent découverts vers 1490. Depuis 1580, ils ont été exploités par le gouvernement autrichien. En 1880, M. Lipold estimait que, dans les 65 dernières

[1] On parle d'un Athénien, nommé Callias, qui aurait trouvé le gisement en 415 avant J.-C. Les Mores appelèrent le gîte Al Maden, la mine par excellence. En 1525, les Fuggers la prirent en fermage.

[2] La même province de Carniole produit encore du mercure à Santa-Anna (21 tonnes en 1890) et à Littai (16 tonnes).

années, le bénéfice net avait été de 800 000 francs par an. Comme à Almaden, une des parties les plus riches du gisement a été trouvée en profondeur et, en 1880, les réserves connues ne renfermaient pas moins de 30 142 000 kilogrammes de mercure ou 873 504 bouteilles. Jusqu'en janvier 1893, la production totale a été d'environ 1 600 000 bouteilles.

Après Almaden et Idria, on citait autrefois, comme grands producteurs de mercure, le Pérou et la Chine.

Les mines du Pérou sont situées près d'*Huancavelica*. Elles ont été trouvées peu après l'invention de l'amalgamation. Il y en avait plus de 40, dont la principale, Santa-Barbara, a été très riche.

En Chine, le district de *Kwei-Chau*, que Richthofen considère comme le plus important du monde, est fort peu connu.

Ce n'est que dans la seconde moitié de notre siècle que quelques autres gisements, en *Californie*, puis en Italie, enfin, tout récemment, en Russie, sont venus s'ajouter à ceux-là. Au dernier siècle, le Mexique tirait entièrement, de l'Espagne et du Pérou, le mercure nécessaire à l'amalgamation. Comme il y avait, par suite, un intérêt national à découvrir du mercure au voisinage, on fit, en 1783, une législation tout particulièrement favorable à ceux qui en trouveraient. Cependant on n'a jusqu'ici reconnu, au Mexique, que des gisements de très second ordre et, dans les Etats voisins des Etats-Unis, il fallut encore une soixantaine d'années pour que l'on constatât la richesse des mines californiennes. C'est en 1845 seulement qu'un officier mexicain, Andreas Castillero, passant par hasard à Santa-Clara, y reconnut le cinabre. Le gîte de Redington fut rencontré en faisant des tranchées pour un chemin. Celui de Sulphur bank a été exploité longtemps pour soufre avant de l'être pour mercure. La mise en exploitation de ces mines de mercure de Californie, qui arrivèrent, en 1876, à produire 2 800 tonnes, a causé, un moment, une grande perturbation sur le marché et fait tomber le prix du mercure à 5 francs. Mais elles ont assez vite diminué d'activité, et sont actuellement presque épuisées ; en 1880, la production était déjà tombée au quart du chiffre précédent ; en 1888, on n'a extrait que 33 250 bouteilles ; en 1889, 26 484 ; en 1890, 22 926.

Voici d'ailleurs, en flasks (bouteilles), la production des principales mines californiennes dans ces dernières années, avec le total depuis l'origine :

| ANNÉES | New Almaden | New Idria | Redington | Sulphur bank | Guadalupe | Great Western | Pope Walley | Napa consolidated | Great Eastern | Bradford | Ensemble de la Californie |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1886 | 18 000 | 1 406 | 409 | 1 449 | » | 1 949 | » | 5 247 | 735 | 786 | 29 981 |
| 1887 | 20 000 | 1 890 | 673 | 1 490 | » | 1 446 | » | 5 574 | 689 | 692 | 33 997 |
| 1888 | 18 000 | 1 320 | 126 | 2 164 | » | 625 | » | 5 024 | 1 151 | 992 | 33 250 |
| 1889 | 12 000 | 980 | 812 | 2 283 | » | 556 | » | 4 590 | 1 345 | 944 | 26 484 |
| 1890 | 12 000 | 977 | 305 | 1 608 | » | 1 336 | » | 3 420 | 1 046 | 747 | 22 926 |
| Total depuis l'origine | 916 359 | 131 266 | 99 753 | 84 683 | 55 910 | 60 722 | 18 097 | 63 833 | 16 006 | 68 961 | 1 567 855 |

La découverte du mercure en *Italie* s'est faite à peu près à la même époque qu'en Californie. On y connaît deux centres : l'un en Vénétie, non loin d'Idria ; l'autre en Toscane.

La production a été la suivante, en kilogrammes :

| | 1860 | 1870 | 1878 | 1879 | 1886 | 1889 | 1890 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Toscane. . . . | 3 500 | 15 000 | 120 563 | 129 600 | 115 940 | 386 000 | 449 000 |
| Vénétie. . . . | 30 256 | 31 192 | 3 080 | 2 464 | » | » | » |

On voit que, peu à peu, l'exploitation a passé de la Vénétie à la Toscane. La production moyenne a été, de 1860 à 1880, de 2 617 bouteilles par an ; auparavant elle était plus faible, depuis elle a pris un tel accroissement que la production toscane est aujourd'hui presque comparable à celle d'Idria. Entre 1881 et 1885, les mines de Siele et Cornacchino (province de Grosseto), seules exploitées en Toscane, ont fourni une moyenne de 5 789 bouteilles par an ; en 1886, 7 478 ; en 1890, 13 000.

Enfin, depuis quelques années, il vient un peu de mercure de Hongrie et surtout de Russie, où les mines nouvelles du bassin de Donetz sont en plein développement.

En résumé, la production du mercure dans le monde depuis l'origine peut être représentée par le tableau suivant (en bouteilles espagnoles de 75 livres espagnoles ou 34,50 kilogrammes) :

| | PREMIÈRE DATE d'exploitation connue | JUSQU'EN 1700 | 1700 A 1800 | 1800 A 1850 | 1850 A 1886 | 1886 A 1893 | TOTAL jusqu'en janvier 1893 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Almaden . . | 1564 | 517 684 | 1 221 477 | 1 091 075 | 1 135 576 | 350 000 | 4 315 812 |
| Idria . . . . | 1525 | 399 861 | 608 743 | 242 226 | 301 549 | 105 000 | 1 657 379 |
| Huancavelica | 1571 | 881 867 | 543 642 | 75 604 | » | » | 1 501 113 |
| Californie . . | 1850 | » | » | » | 1 429 346 | 185 000 | 1 614 345 |
| Toscane. . . | 1850 | » | | » | 57 115 | 77 829 | 134 944 |
| TOTAL. . | | 1 799 412 | 2 373 862 | 1 408 905 | 2 866 471 | 717 829 | 9 223 594 |

## GÉNÉRALITÉS SUR LES GÎTES DE MERCURE

**Minerais.** — Le minerai de mercure, de beaucoup le plus important, est le *cinabre* (HgS), tenant 86,2 p. 100 de mercure. Une variété de sulfure de mercure, ayant la même composition, mais généralement amorphe et noirâtre, se nomme le *métacinabre* (ou métacinabarite); on la rencontre, assez fréquemment, en Californie, en particulier à Redington et à New-Idria. Le *mercure natif* apparaît surtout au voisinage des affleurements, dans les mines de cinabre.

En outre, on connaît un séléniure ($Hg^6\ Se^5$), la *Tiemannite*, trouvé d'abord dans le Harz, retrouvé dans l'Utah à Marysville; un sélénio-sulfure, l'*Onofrite;* un tellurure, rencontré au Colorado, la *Coloradoïte;* des amalgames d'or et d'argent; deux chlorures, le *Calomel* et la *Coccinite* et des composés complexes, tels que la *Guadalcazarite :* (Hg Zn) S; la *Lehrbachite :* (Hg Pb) Se; la *Culebrite :* (Hg Zn) Se; la *Livingstonite :* $Hg_m\ Sb_2\ S_{m+3} + n\ Fe\ S_2$.

**Gisements.** — Les gisements de mercure se présentent sous une forme un peu différente de celle des gisements d'autres métaux sulfurés, quoique leur origine, lorsqu'on les examine avec soin, apparaisse exactement la même, c'est-à-dire une venue hydrothermale ayant probablement apporté le cinabre à l'état de sulfure

double de mercure et de sodium [1]. Mais il est rare d'avoir affaire à des fractures nettes et larges : les conditions, dans ces fentes de grande dimension, ayant sans doute été défavorables à la précipitation du mercure; généralement, le cinabre remplit un réseau de petites veinules constituant des sortes de stockwerks et formant, le long d'une direction filonienne principale, des amas lenticulaires plus ou moins développés ; souvent aussi, il a imprégné, par porosité, un terrain, surtout lorsque ce terrain se présentait redressé verticalement : soit du grès (Almaden), soit des schistes (Idria). Par suite de sa valeur élevée et de la rareté de ses gîtes, on exploite ainsi des roches qui n'en contiennent qu'une très faible quantité. Des minerais à 1/2 p. 100 de teneur moyenne peuvent encore donner des résultats fructueux.

Le cinabre se rencontre dans les terrains les plus divers (silurien, carbonifère, permien, trias, tertiaire, etc.); en fait de roches, on l'a trouvé : dans un mélaphyre en Bavière rhénane; un porphyre quartzifère à Vallalta (Vénétie) ; un trachyte à Monte Amiata (Toscane), en Transylvanie et au Pérou; un basalte en Perse et en Californie.

Dans ces gisements de stockwerks ou d'imprégnation, le cinabre est accompagné d'une proportion faible de *gangue* filonienne ; cependant cette gangue, dont on a parfois méconnu la présence, existe partout. Elle se compose essentiellement de silice, sous forme d'opale déposée avant le cinabre qui en tapisse les fissures, de bitume et de pyrite de fer; en outre, on rencontre, à l'occasion, un peu de calcite, de dolomie; exceptionnellement, de la barytine, du soufre, des traces de cuivre, d'or, de sélénium, etc.

L'antimoine et l'arsenic sont remarquablement fréquents avec le cinabre; on peut même distinguer toute une catégorie de gîtes où se présentent, soit la stibine, soit le cuivre gris, soit le réalgar et l'orpiment. La stibine existe au Mexique; à Stayton, comté de San-Benito (Etats-Unis); en Serbie; en Corse; à Smyrne. Le cuivre gris se présente au Palatinat, en Hongrie, en Serbie ; le réalgar à Huancavelica (Pérou), à Mieres (Asturies), à la solfatare de Pouz-

[1] Le sulfure double, qu'on retrouve dans les Geysers actuels de Californie, dits Steamboat springs, peut dissoudre les corps, tels que l'or, la pyrite de fer, ou de cuivre, rencontrés parfois avec le cinabre.

zoles ; il forme également un des produits exportés de la région mercurielle de Chine ; la livingstonite (sulfoantimoniure de mercure) est un minerai important au Mexique. L'association de l'or et du mercure est également un fait à signaler.

Les sources chaudes, qui ont apporté le mercure à la suite de quelque grand plissement du sol, ont, le plus souvent, métamorphisé les terrains au voisinage ; le fait est particulièrement net en Californie, où il s'est développé des pseudodiorites, pseudodiabases et serpentines abondantes. On le retrouve affaibli à Idria et dans bien d'autres gisements ; on s'est même demandé si ces eaux n'avaient pas opéré le dépôt du mercure par substitution. Un examen détaillé, fait par M. Becker[1], a montré qu'il n'en était rien, et qu'on avait toujours, au contraire, imprégnation, incrustation de vides préexistants.

L'action de ces eaux anciennes mercurielles se trouve, d'ailleurs, pouvoir être observée facilement sur des phénomènes actuels ; car l'apport du cinabre par des sources (sinon sa production directe, au moins sa remise en mouvement) est un fait qui se prolonge encore aujourd'hui. Sans parler du grand geyser d'Islande où la découverte du mercure par M. Descloiseaux s'est faite dans des conditions que M. Becker regarde, après enquête, comme insuffisamment probantes, les Steamboat springs de Californie, les sources d'Ohaiawai en Nouvelle-Zélande, etc., déposent du cinabre ; à la solfatare de Pouzzoles, M. de Chancourtois a trouvé du cinabre avec du réalgar ; ailleurs comme à Sulphur bank (Californie), à Guadalcazar (Mexique), aux bains de Jésus (Pérou), en Perse, etc..., des sources chaudes, chargées d'hydrogène sulfuré et d'acide carbonique, sortent de gîtes mercuriels.

L'étude de la distribution des gisements métallifères quelconques les montre en relation avec les grandes lignes de plissement du sol ; mais, pour des métaux tels que le plomb et le zinc, la mise en évidence du phénomène est rendue difficile par la superposition, dans une même région, de mouvements successifs d'âge différent, ayant, tour à tour, amené les métaux. Pour le mercure, au con-

[1] Becker. *Quecksilver deposits of the pacific slope.*

traire, elle apparaît avec une netteté étonnante dès qu'on reporte, sur un planisphère, les grandes mines exploitées [1].

Le mercure semble, en effet, être d'une venue généralement très récente. Tout au moins, peut-on affirmer : pour les gîtes d'Idria, qu'ils sont postcrétacés; de Californie, postmiocènes, probablement même, pour la plus grande part, postpliocènes; d'Italie, tertiaires, etc... Là où le fait est contestable, par suite de l'âge ancien des terrains encaissants, comme à Almaden, en Bavière Rhénane ou dans le Palatinat, on n'a même, nulle part, la preuve contraire qu'on ait affaire réellement à une de ces venues mercurielles anciennes, en particulier à une venue hercynienne dont l'existence semble, du reste, logiquement probable. Les formations mercurielles participent donc, pour la plupart, de la netteté habituelle des phénomènes mécaniques et éruptifs tertiaires, qui n'ont pas encore été troublés par des mouvements subséquents, et on voit presque tous les gîtes s'aligner : d'une part, sur la grande chaîne Alphimalayenne qui traverse l'Europe et l'Asie, ainsi que sur les chaînes, également récentes, de l'Atlas, des Apennins et de l'Oural; de l'autre, sur la longueur des Andes.

A la chaîne Alphimalayenne, on peut rattacher, d'une manière certaine, les mines de Vénétie, de Toscane [2], d'Idria, Potosnik et Littai en Carniole (Autriche), celles de Serbie, de Perse, du bassin du Yangtschetiang, du Japon et du Kamschatka; à l'Atlas, les gîtes d'Algérie; aux Apennins, ceux du Mont Siele en Toscane. La chaîne des Andes renferme les gisements de Californie, du Mexique et du Pérou. Les seuls indices possibles d'une venue hercynienne, en Europe, nous sont donnés, d'une façon très dubitative, par les mines d'Almaden et d'Oviédo (en Espagne), encaissées, les premières dans le silurien [3], les secondes dans le carbonifère; par les traces de mercure constatées dans la Manche; les gîtes de Bavière rhénane et du Palatinat, recoupant le permien, etc...

Tel est, par suite, l'ordre que nous adopterons dans la description : nous commencerons par les gisements d'Espagne, de France et du Palatinat, pour lesquels un âge ancien est admissible ; nous con-

[1] Cela a été fait par M. Becker, *loc. cit.*, pl. II.

[2] A Lamure, dans l'Isère, on connaît du mercure dans le lias.

[3] Dans la Sierra Nevada, le mercure est dans le trias.

tinuerons, en suivant la chaîne des Alpes, par ceux d'Autriche, d'Italie, d'Asie, et nous terminerons par les mines de Californie, du Mexique et du Pérou.

## GÎTE DE MERCURE D'ALMADEN (ESPAGNE)[1]

*(Couches verticales de quartzites siluriens imprégnés de cinabre et encaissés au milieu des schistes.)*

**Géologie de la région.** — La région d'Almaden, aux confins de la Manche et de l'Andalousie, dans la province de Ciudad Real, sur le versant Nord de la Sierra Morena, est principalement constituée par des terrains schisteux, au milieu desquels des dykes de quartzite, plus résistants aux érosions, forment des saillies. Ce silurien s'appuie, au Sud de Santa-Eufemia, sur un massif de granite et est recouvert par du dévonien. Des filons de mélaphyre et de porphyre le traversent.

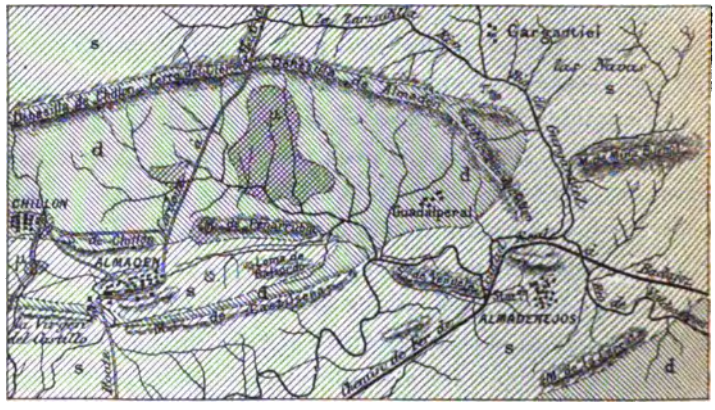



Fig. 335. — Carte géologique de la région d'Almaden au $\frac{1}{200.000}$.

Les terrains, qui avoisinent ce gisement, sont, d'une part, des quartzites blancs du silurien supérieur, de l'autre des schistes noirs,

[1] Coll. *Ecole des Mines*, nos 1312 et 1611.

gris ou brunâtres. Les quartzites, dirigés N. 80° E., sont durs, à grain fin et passent à un grès tendre micacé : on y trouve quelques fucoïdes et des bilobites. Les schistes sont souvent ter-

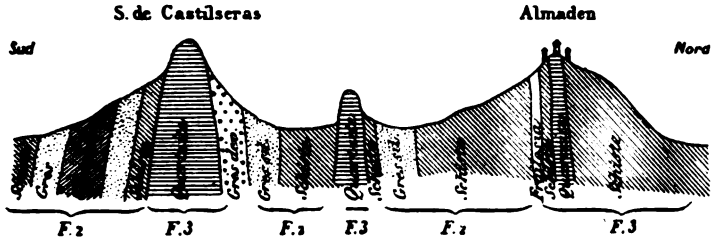



Fig. 336. — Coupe géologique N.-S. de la région d'Almaden.

reux et fissurés en tous sens; ils contiennent beaucoup de fossiles siluriens (Calymene Tristani, Orthis, Asaphus, etc.).

Les coupes du gîte d'Almaden (fig. 337) montrent, en outre,

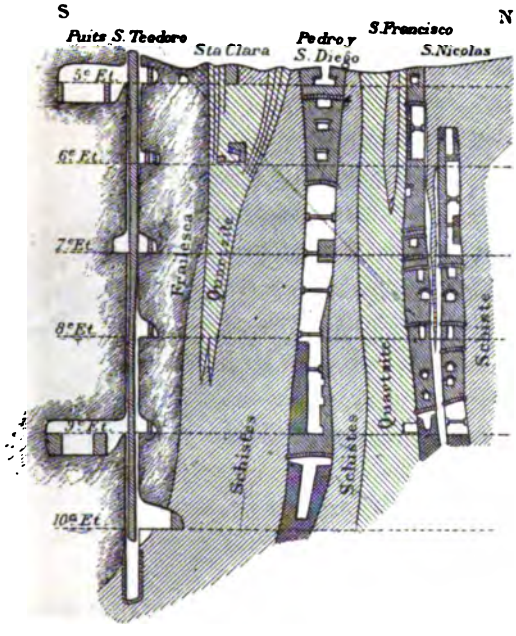



Fig. 337. — Coupe transversale de la mine d'Almaden (d'après M. Küss).

l'existence d'une roche appelée *frailesca*. Cette roche est, d'après de Prado, composée d'une brèche de fragments de schistes et de

serpentine, de grains de quartz, calcaire, etc., cimentés par une pâte feldspathique amorphe. MM. Helmhacker et Calderon la

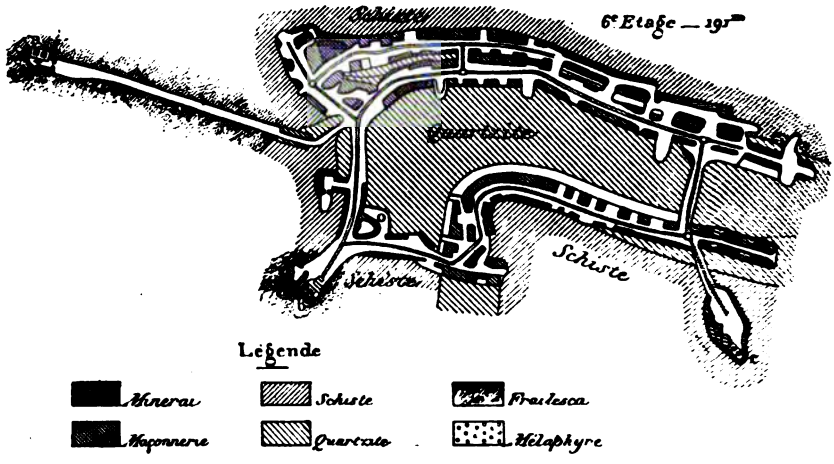



Fig. 338. — Plan de la mine d'Almaden au 6e étage (191 m).

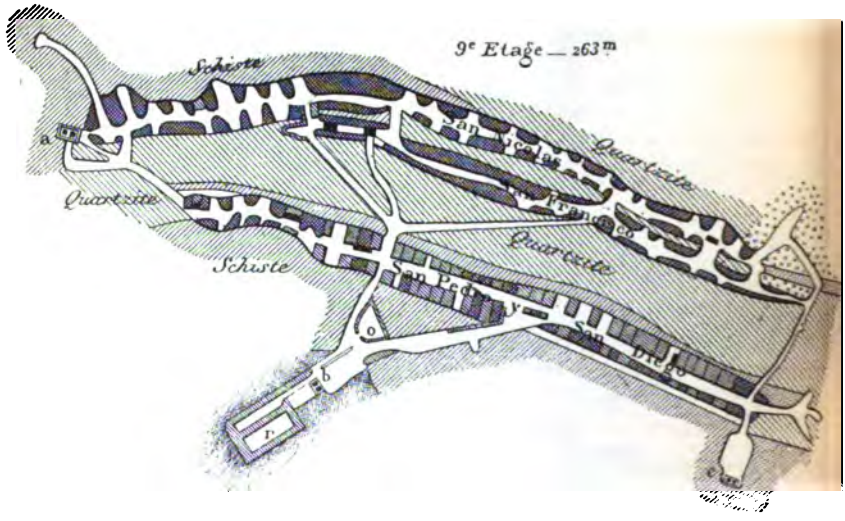



Fig. 339. — Plan de la mine d'Almaden au 9e étage (263 mètres).

regardent comme un tuf de diabase. Elle forme des lentilles au milieu des schistes : en particulier, au puits S. Teodoro qui n'en est sorti qu'au-dessous du dixième étage.

**Gisement.** — L'imprégnation cinabrifère a porté, presque exclusivement, sur trois couches de quartzite, d'une épaisseur moyenne de 8 à 10 mètres. Ces couches, qu'on nomme des filons, sont : du Sud au Nord, San-Pedro y San-Diego, San-Francisco et San-Nicolas (fig. 337 à 339). Elles ont été reconnues sur 180 mètres en direction. En profondeur, elles sont assez peu régulières jusqu'à 190 mètres, mais prennent une simplicité de plus en plus grande lorsqu'on descend plus bas. Les filons San-Francisco et San-Nicolas, d'abord nettement séparés, se confondent presque vers 263 mètres. Le filon du Sud se rapproche aussi des autres et se réunit probablement à eux au-dessous.

En résumé, on a affaire à trois colonnes de minerai, presque verticales, de plus en plus puissantes et de plus en plus riches à mesure que l'on s'enfonce, ainsi que le montre le tableau suivant :

TABLEAU DE LA LONGUEUR ET DE LA PUISSANCE DES FILONS AUX DIVERS ÉTAGES

| PROFONDEUR en mètres | SAN-FRANCISCO | | SAN-NICOLAS | | SAN-PEDRO Y SAN-DIEGO | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Longueur en direction | Puissance | Longueur en direction | Puissance | Longueur en direction | Puissance |
| 1er étage 44, 80 | mètres | mètres | mètres | mètres | mètres | mètres |
| 2e — 74, 30 | Vieux travaux | | Vieux travaux | | Vieux travaux | |
| 3e — 103, 38 | | | | | | |
| 4e — 140, 79 | | | | | | |
| 5e — 170, 47 | 100 | 3,90 | 30 | 2,90 | 50 | 4,40—7,80 |
| 6e — 191, 57 | 110 | 5,00 | 65 | 3,25 | 80 | 5 et 13 |
| 7e — 215. 03 | 155 | » | 125 | » | 130 | 6 à 7 |
| 8e — 237. 64 | 180 | 4,40 | 185 | 5,50 | 170 | 8 |
| 9e — 263, 55 | 145 | 3,00 | 180 | » | 170 | 6,50 |
| 10e — 288, 63 | » | » | » | » | 130 | » |
| 11e — 315, 00 | 200 | 12,00 | 200 | 12,00 | 200 | 12 |

Cette augmentation de richesse en profondeur est d'autant plus remarquable que d'autres gîtes de mercure, voisins d'Almaden et situés sur la même ligne de dislocation, dans des conditions de dépôt analogues, à Almadenejos, las Cuevas, etc., se sont vite épuisés en s'enfonçant.

Les épontes du quartzite cinabrifère sont, soit le schiste, soit des grès non imprégnés. Dans le cas des grès, le cinabre passe quelquefois brusquement d'un banc à l'autre, suivant la direction

de ce grès encaissant, quelles qu'en soient les inflexions. Dans le cas des schistes, l'imprégnation n'y pénètre jamais profondément.

Ces schistes, contrairement à ce que nous verrons à Idria, ont même opposé une telle résistance aux eaux mercurielles qu'on en a trouvé des feuillets absolument stériles au milieu du cinabre. A l'Ouest, le gisement est coupé brusquement; à l'Est, il passe insensiblement au quartzite stérile. Un peu de cinabre, rencontré en veines dans la frailesca, prouve que le minerai est postérieur à la formation de cette brèche.

**Minerai.** — Le minerai de San-Piedro y San-Diego est formé d'un grès blanc, très régulièrement imprégné. Les deux autres gîtes contiennent des quartzites et des grès noirs plus durs, moins régulièrement et moins puissamment chargés de cinabre.

Le grès cinabrifère exploité est divisé par les mineurs en trois catégories :

Le minerai pauvre, qui tient de 1 à 7 p. 100 de mercure;

Le minerai moyen, de 8 à 20 p. 100;

Le minerai riche, plus de 20 p. 100 et jusqu'à 85 p. 100.

Le minerai *moyen* a été trouvé dans l'exploitation, à la profondeur de 190 mètres. A 215 mètres, apparaît le minerai *riche* qui, d'abord en petite quantité, prédomine à la profondeur de 263 mètres, et, plus bas, constitue le remplissage presque unique du filon.

Indépendamment de cette forme principale de minerai à l'état de grès cinabrifère, on trouve quelques variétés plus rares, telles que :

Le *cinabre schisteux*, qui se compose de cristaux informes de cinabre, ayant conservé la schistosité du schiste qu'ils ont imprégné;

Le *cinabre stalactiforme*, qui est formé d'agglomérations de poussières cinabrifères entraînées par les eaux et déposées ensuite par elles;

Le *cinabre pur* cristallisé, qui est assez rare, le plus souvent accompagné de cristaux de quartz et de barytine;

Le *mercure natif* est très rare à Almaden; le *mercure corné* n'a pas été rencontré à Almaden, mais à Valdeazogues.

Comme corps accessoires, on peut citer un peu de pyrite et de chalcopyrite, de bitume et de barytine; la gangue passait autrefois pour faire complètement défaut : M. Becker a montré qu'il y avait une certaine proportion de silice.

**Mode de formation.** — Si l'on veut se faire une idée du mode de formation de ce gîte, il y a lieu d'attirer l'attention sur quelques faits :

1° On ne rencontre, à Almaden, ni fentes considérables, ni salbandes, ni disposition symétrique, ni gangue cristalline. Certains de ces caractères semblent communs à tous les gîtes de mercure, qui ne remplissent jamais de véritables filons concrétionnés; cependant, à Idria, nous trouverons la venue mercurielle en relation nette avec un plissement général de la région ;

2° Le cinabre n'est pas venu par volatilisation, comme on l'a, parfois, supposé, mais bien à l'état de dissolution hydrothermale; car, dans certaines brèches à éléments quartzeux ou schisteux qu'il cimente, il est associé à de la dolomie ou à de la barytine, corps non volatils ;

3° Le mercure a pénétré dans le grès par porosité et non par substitution, comme l'avait dit de Prado. C'est un fait qui a été longtemps discuté, mais qui résulte des études générales de M. Becker sur tous les gîtes de mercure du monde [1]. En effet, lorsqu'on examine au microscope un minerai de cinabre, on constate que le cinabre a cristallisé en même temps que du quartz, dans les interstices compris entre les grains du grès, eux-mêmes composés de quartz. L'objection que l'on faisait, c'est que certains fragments étaient tellement riches en mercure que les vides n'auraient jamais suffi pour recueillir tant de cinabre. Mais un calcul bien simple montre que des grains de quartz sphériques juxtaposés laissent 26 p. 100 de vide : ce vide, entièrement rempli de cinabre, donnerait, pour la masse, 47 p. 100 de mercure alors que l'on

[1] Becker. *Loc. cit.*, p. 399.

ne trouve pas à Almaden, dans les grès imprégnés, plus de 33 p. 100.

On peut donc admettre que le dépôt de cinabre d'Almaden résulte d'une incrustation hydrothermale, comparable à celle de tous les autres sulfures métalliques, mais qui, pour le mercure, s'est généralement produite, non dans de grandes fractures régulières, comme celles où l'on trouve la galène, la blende, etc., mais dans des espaces assez restreints, comme les fissures minces et irrégulières d'un terrain, ou les vides laissés par la porosité. Il est facile d'en trouver l'explication dans des conditions de solubilité différentes.

Quant à l'*âge du gisement*, il est impossible de le préciser ; on peut seulement affirmer qu'il est postérieur au dévonien (imprégné par endroits) et même aux diabases.

Peut-être, comme nous l'avons indiqué plus haut, faut-il le rapprocher des filons cinabrifères du Palatinat pour en faire le représentant d'une venue mercurielle ancienne, par opposition à la venue tertiaire représentée en Italie, en Carniole, dans l'Oural, l'Himalaya, l'Amérique, etc.

Cependant, si on compare, comme cela semble assez logique, le gisement d'Almaden aux autres gisements de mercure espagnols que nous citerons plus loin, on doit remarquer que ceux de la Sierra Nevada sont post-triasiques. Il existe, d'ailleurs, à 10 kilomètres au N.-E. d'Almaden, des roches éruptives, qualifiées de trachytes par de Prado, considérées aujourd'hui comme prétertiaires.

**Exploitation.** — L'exploitation du gisement d'Almaden se fait, en raison de la grande richesse du gisement, dans des conditions toutes spéciales que nous nous contenterons de rappeler :

Le nerf stérile qui sépare les filons de San-Francisco et de San-Nicolas est enlevé avec le minerai ; celui, qui sépare San-Pedro des deux autres, est respecté. Chacune des deux exploitations, séparées par ce nerf stérile, est alors conduite ainsi :

Le gîte est divisé *en étages* de 25 mètres de hauteur et chaque étage *en foncées* qui représentent $3^{m},50$ environ.

Puis on exploite ces dernières, de deux en deux, sur toute leur hauteur, avant de passer aux foncées adjacentes qui les séparent, et qui subsistent souvent très longtemps à l'état de réserves.

Chaque foncée, une fois dépilée, est remplacée par un massif de maçonnerie reposant sur une voûte surbaissée.

Dans ces conditions, le prix de revient est le suivant :

PRIX DE REVIENT DE LA TONNE DE MINERAI TRAITÉ A ALMADEN

| | NATURE DES DÉPENSES | 1875 | | 1883-84 | | 1884-85 | | 1885-86 | | 1886-87 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Fr. | Fr. | Fr. | Fr. | Fr. | Fr. | Fr. | Fr. | Fr. | Fr. |
| Exploitation | Abatage | 20,53 | » | 22,11 | » | 24,58 | » | 25,57 | » | 22.40 | » |
| | Boisage et muraillement. | 14,31 | » | 8.85 | » | 9,66 | » | 9,27 | » | 8,30 | » |
| | Epuisement | 4,24 | » | 0,10 | » | 0.11 | » | 0,20 | » | 0,20 | » |
| | Extraction et transports. | 5,09 | » | 2.02 | » | 3,92 | » | 4,23 | » | 3,60 | » |
| | Matériaux et fournitures. | » | » | 8,42 | » | 8,04 | » | 8,15 | » | 8,80 | » |
| | Ateliers | » | » | 1,81 | » | 1,66 | » | 1,70 | » | » | » |
| | *Total des frais d'exploitation* | | 60,07 | | 43,81 | | 47,97 | | 49,12 | | 43,10 |
| Mise en bouteille | Surveillance et main-d'œuvre dans l'usine | » | » | 8,60 | » | 8,96 | » | 9,28 | » | » | » |
| | Combustible | » | » | 2,42 | » | 2,61 | » | 2,37 | » | » | » |
| | Autres fournitures diverses. | » | » | 2,42 | » | 3,32 | » | 2,62 | » | » | » |
| | Achat de bouteilles en fer | » | » | 15,27 | » | 14,66 | » | 13,49 | » | » | » |
| | *Total des frais de distillation et de mise en bouteille.* | | 24,29 | | 28,72 | | 29,35 | | 27.76 | | » |
| | Personnel, frais de bureau | 8 | » | 10,24 | » | 11,37 | » | 11 | » | » | » |
| | Pension, secours aux ouvriers, etc. | » | » | 9,68 | » | 10,17 | » | 9,77 | » | » | » |
| | Divers, hôpital, chapelle, etc. | 4,35 | 12,35 | 4,68 | » | 4,72 | » | 4,70 | » | » | » |
| | *Total des frais généraux.* | | 12,35 | | 24.60 | | 26.26 | | 25.47 | | |
| | *Total général par tonne.* | | 96,51 | | 97,13 | | 103,78 | | 102,35 | | |

On peut remarquer que l'emploi de la maçonnerie n'élève que peu le prix de revient, qui est environ de 45 francs la tonne pour la mine, en répartissant convenablement les frais entre la mine et l'usine. C'est surtout le peu de salubrité de la mine qui est cause de ce prix élevé. Car le piqueur, payé de 4 à 5 francs par jour, ne peut y travailler effectivement que quatre heures à quatre heures et demie, et seulement sept à huit jours, pendant le mois, dans ces conditions.

Le tableau suivant résume la production de minerai, de mercure, et le rendement :

| ANNÉES | POIDS DE MINERAI TRAITÉ (en tonnes) | MERCURE PRODUIT | RENDEMENT DES 100 KILOS de minerai |
|---|---|---|---|
| | Tonnes | Tonnes | Kilos |
| 1564 à 1700 | 17 863 | 17 863 | » |
| 1700 à 1800 | » | 42 149 | » |
| 1800 à 1875 | » | 60 166 | » |
| 1875 | 17 077 | 1 255 | 7,341 |
| 1876 | 18 400 | 1 325 | 7,203 |
| 1877 | 15 410 | 1 406 | 9,126 |
| 1878 | 17 085 | 1 447 | 8,468 |
| 1879 | 16 943 | 1 557 | 9,191 |
| 1880 | 15 274 | 1 573 | 10,299 |
| 1881 | 15 248 | 1 592 | 10,441 |
| 1882 | 15 704 | 1 609 | 10,242 |
| 1883 | 17 268 | 1 647 | 9,538 |
| 1884 | 16 265 | 1 544 | 9,495 |
| 1885 | 16 978 | 1 651 | 9,725 |
| 1886 | 25 300 | 1 796 | » |
| 1887 | 27 100 | 1 819 | » |
| 1888 | 28 000 | 1 802 | » |
| 1889 | » | 1 700 | » |
| 1890 | » | 1 726 | » |
| 1891 | » | 1 660 | » |

En 1891, on a extrait, à Almaden, 7 100 mètres cubes de minerai et produit 48 124 bouteilles contre 50 035 en 1890. On a construit 5 541 mètres cubes de maçonnerie, dont 671 en arcs et 4 870 en massifs.

*Bibliographie.*

1830. Casiano de Prado. — Plan pétrographique d'Almaden.

1834. Le Play. — (*Ann. d. M.*, 1833, 3e, t. V, p. 175; 1834, t. VI, p. 319, 333, 362, 369 et 489.)

* 1846. Casiano de Prado. — (*B. S. G.*, 2e, t. XII, p. 182.)

1849. Wilkomm. — Bergwersksfreund, t. XIII, p. 72. (Cf. Leonh. Jahr., 1850, p. 497.)

1851. Ezquerra del Bayo. — (V. Leonh. Jahrb., 1851, p. 47 et 673.)

1855. de Prado. — (*Bull. géol.*, t. XII, p. 24; V. Leonh. Jahrb., 1856, p. 471.)

1855. de Verneuil et Barrande. — Descript. des fossiles de la région d'Almaden. (*B. S. G.*, 2e, t. XII, p. 182.)

Nöggerath. — Zeitsch. prussien, t. X, p. 361.

1861. Klemm. — Berg. u. Hüt. Zeit., p. 174.

1861. Bernaldez et Ramon Rua Figueral. — Memoria sobre las minas d'Almaden. Madrid.

* 1871. de Monasterio y Correa. — *Rev. universelle de Cuyper.* (Résumé dans les *Ann. d. M.*, 7e, t. I, p. 443.)

1874. Virlet d'Aoust. — Sur le gisement du cinabre à Almaden et au Mexique. (*B. S. G.*, 3e, t. II, p. 416.)

1877. Helmacker. — Sur la diabase et la frailesca d'Almaden. (Tschermacks Mitth.)

* 1878. Küss. — Mémoire sur Almaden. (*Ann. d. M.*, 7e, t. XIII, p. 39.)
* 1879. Küss. — (*Ann. d. M.*, 7e, t. XV, 1879, p. 524.)
1878. J. E . — Memoria acerca de las minas y fabricas de *Almaden* por el Ing. M.-H. Küss. (*Boll. de la Com. del Mapa geol. de Espana*, t. V, p. 329.)
1879. Langer. — Beschreibung des Quecksilberwerks *Almaden*. (*Leob. B. u. H. J.*, t. XXXVII, p. 1. Leoben, 1879.)
1879. Groddeck, p. 136-414. (Cf. Cotta, p. 455.)
1880. Caron. — Voyage en Espagne. (*Zeits. prussien*, t. XXVIII. p. 126.)
1884. Calderon. — Rocas eruptivas de *Almaden*. (*Soc. espan. de hist. nat.*, t. XIII, p. 161. Madrid, 1884.)
1887. Haton de la Goupillière. — Cours d'exploitation, t. I, p. 541, et 544.

## GÎTES DE MERCURE DE MIERES (ASTURIES), ETC. [1]

On peut rapprocher des mines d'Almaden quelques autres gisements de mercure espagnols, dont le principal est celui de Mieres, au Sud d'Almaden, dans les Asturies, que nous allons décrire.

Nous nous contenterons d'ajouter que du cinabre a été signalé sur le flanc Sud de la *Sierra Nevada*, dans la province de Grenade, entre Torbiscon et Purchena : il est situé dans des schistes talqueux triasiques et accompagné de cuivre gris, sulfures de nickel et de cobalt [2]. M. Gonazlo y Tarin [3] en mentionne également à Albunal, Almegijar, Notaez, Ferreira, etc... A *Culvas de Vera*, province d'Almeria, on en trouve dans le silurien. Il en existe près de Linarès, province de Jaen ; à la Creu, province de Valence ; dans la province de Teruel [4] ; à Santander, au milieu de minerais de plomb et de zinc, etc. [5].

Le gîte de mercure de *Mieres* a seul une importance industrielle. Il se présente, sous forme d'un réseau de veinules très irrégulières, au milieu de grès et de quartzites carbonifères et particulièrement dans une brèche formée de fragments de ces roches. M. Becker le rapproche, par là, de celui d'Huancavelica, au Pérou. D'après M. Fuchs, il existerait également du cinabre au voisinage, dans un calcaire carbonifère surmonté par du calcaire à hippurites discordant et le calcaire à hippurites n'en contiendrait pas.

Le gisement de Mieres se distingue de celui d'Almaden en ce

[1] Coll. *Ecole des Mines*, 1995.
[2] Guillemin Tarayre. C. R., t. C, 1885, p. 1231.
[3] 1881. Gongalo y Tarin. Res. fis. y geol. de la provin de Granada. (Bol. com map. geol. 8. 1-124.)
[4] Becker. *Loc. cit.*, p. 32, d'après Heckmann et Nöggerath.
[5] Dewalque. *Revue de géologie* pour 1864 et 1865, t. IV, Paris, 1866, p. 94.

que l'allure en imprégnation y est exceptionnelle. En outre, il en diffère par la présence du réalgar, de l'orpiment, plus rarement du mispickel : ce qui le rapprocherait plutôt de certains gîtes (Serbie, Hongrie, etc.) où le mercure est associé avec des produits antimonieux ou arsenicaux, stibine, cuivre gris, etc.

La teneur du minerai exploité est très faible, 1/2 p. 100 de mercure en moyenne, et cependant les exploitations passent pour très prospères.

Ces exploitations sont entre les mains de deux sociétés : El porvenir et la Union. La société El porvenir extrait 4 200 tonnes et produit 1 900 bouteilles (65 tonnes) avec 300 ouvriers; la société la Union produit 30 tonnes.

*Bibliographie.*

1867. Klemm. — (*Berg. und Hüttenm. Zeit.*, t. XXVI, p. 13.)
Virlet d'Aoust. — De l'âge géolog. de quelques filons et, en particulier, des filons de mercure.
1888. Becker, loc. cit., p. 26.
1889. Briard. — Journal de voyage manuscrit à l'École des Mines.

## GÎTES DE MERCURE EN FRANCE ET ALGÉRIE

Il n'existe pas, en France, d'important dépôt de mercure, quoique, dans le dernier siècle, on ait exploité, à diverses reprises, en particulier de 1730 à 1742, du cinabre à *Ménildot* (Manche). Plus récemment, de 1850 à 1854, on a fait, sans succès, quelques tentatives à la mine de *Lamure*, dans la commune de Paunières (Isère), à 38 kilomètres de Grenoble. D'après M. Küss, le cinabre s'y trouvait, disséminé, dans un filon de blende, de calamine, tétraédrite et galène, traversant les calcaires dolomitiques du lias. La couleur rouge du cinabre apparaissait surtout au voisinage de la calamine. La gangue était de la calcite.

A *Chalanches* (Isère), le cinabre a été également signalé dans des veines de blende et de galène traversant des schistes cristallins qui contiennent des traces de platine.

A *Allemond* (Isère), le cinabre est associé avec du mercure natif et de l'amalgame d'argent.

A *Peyrat* (Haute-Vienne), le mercure natif a été rencontré dans un granite décomposé.

Dans les *Cévennes*, on a trouvé, vers 1760, près de Montpellier, un peu de mercure natif dans des terrains tertiaires. Ce gisement a été étudié par Leymerie.

En *Corse*, le cinabre existe, paraît-il, à *Balagna* (commune d'Occhia, canton de Belgodère), à l'Est de Calvi sur la côte Nord de la Corse, près du port de l'île Rousse. Au *cap Corse*, le cinabre a été trouvé aussi en filons, avec de la stibine, dans la granulite, la serpentine, l'euphotide, les schistes et les calcaires serpentineux. Stibine et cinabre forment parfois des veines de quelques centimètres d'épaisseur. La gangue, quand il y en a, est du quartz. En outre, les filons contiennent de la pyrite, un peu de blende, de soufre natif et d'arsenic.

Cette association de cinabre, stibine et arsenic est, comme nous l'avons dit, assez fréquente et nous la retrouverons en Serbie et au Mexique.

En *Algérie*, il a été institué trois concessions de mercure dans la province de Constantine : l'une à *Taghit* (42 kilomètres S.-O. de Batna), dans la vallée de l'Oued Abd, sur des filons bien réglés de cinabre, galène et blende dans le néocomien ; l'autre à *Bir-Beni-Salah* (17 kilomètres Sud de Coleo) sur un filon de cinabre et galène dans les gneiss; la troisième, à *Ras-El-Ma*[1] (10 kilomètres S.-O. de Jemmapes), sur des filons de cinabre avec barytine dans les calcaires liguriens. Aucune de ces concessions n'est exploitée. Celle de Ras-el-Ma, concédée en 1861, a été abandonnée en 1876.

En outre, des traces de mercure ont été constatées, en plusieurs points, près de Batna et dans la province d'Alger. Dans la province d'Alger, près de Palestro, à un endroit nommé *Douar Gerrouma*, il existe, dans un calcaire du crétacé supérieur, un minerai de blende et galène avec cinabre. En Tunisie, on a signalé également un peu de mercure[2]. Partout, il s'agit de gisements d'âge tertiaire, comme la plupart des gîtes métallifères d'Algérie.

*Bibliographie.*

1851. Scipion Gras. — Mine de mercure dans l'Isère. (*B. S. G.*, 2e, t. VIII, p. 562.)
1852. Ville. — Mine de mercure dans l'Ouest de la prov. d'Oran. (*B. S. G.*, 2e, t. IX, p. 379.)

[1] Coll. *Ecole des Mines*, 1994.
[2] Voir la carte, t. I, p. 402.

1858. Martins. — Mercure à Montpellier. (*B. S. G.*, 2e, t. XV, p. 456.)
1870. Burat. — Géol. appliquée, t. II, p. 131.
1876. Leymerie. — Mercure dans les Cévennes. (Toulouse. *Ac. des Sc.*, 7e s. t. VIII, p. 132.)
1878. Notice géol. et minér. sur le départ. de Constant. (Exposit. univ. p. 22 et 23.
Tissot. — Texte explic. de la carte géol. de Constantine, p. 59 et 65
1876. Hollande. — Sur le mercure de Corse. (*Bull. Soc. Géol.*, t. IV, p. 31
1878. Tirloir. — Git. met. du Dauphiné. (Bul. Soc. Et. Sc. Nat. Nimes, 6 200
1888. Becker, *loc. cit.*, p. 23.
1889. Notice minéralogique sur l'Algérie par le Service des Mines.

## GÎTES DE MERCURE D'ALLEMAGNE

La *Bavière Rhénane*, ou ancien *Palatinat*, et le *pays des deux Ponts* renferment des gisements de cinabre, qui ont eu quelque importance à la fin du siècle dernier. Il y a déjà bien des années qu'on a fermé la dernière mine, celle de Potzberg près Altengrabow.

Ces gisements, qui ont été décrits, en 1848, par von Dechen, consistent en filons et imprégnations de cinabre dans des schistes gris, jaspes et conglomérats du permien supérieur et dans des mélaphyres et porphyres qui ont traversé ces terrains. On trouve, au voisinage des filons et là seulement, des argilophyres et des jaspes d'un faciès tout particulier, qui semblent résulter d'un métamorphisme exercé sur les grès et les phyllades permiens, métamorphisme comparable à celui que nous étudierons en Californie. On n'a pas établi de relation nette entre les roches éruptives mélaphyriques et le minerai.

Le remplissage principal des fractures consiste en une argile avec fines inclusions de cinabre en veinules, en cordons, en enduits, ou en cristaux, dans de petites géodes. On y trouve, outre le cinabre, du mercure natif, de l'amalgane, du calomel et, comme rareté, seulement dans le *filon noir* du Landsberg, de l'hermésite (panabase mercurifère). Von Deschen y a signalé également le métacinabre (sulfure noir analogue à celui qui se produit, dans les laboratoires, par l'action directe du mercure sur le soufre et qui a été rencontré, en abondance, en Californie, à Redington). Les minerais proprement dits sont accompagnés de pyrite, parfois argentifère, d'hématite brune ou rouge, d'oligiste, de sidérose, de galène, de cuivre gris, de chalcopyrite, de stibine, de pyrolusite et de psilomélane. Les *gangues* ne jouent jamais, dans ces filons, qu'un rôle très secondaire : elles

se rencontrent en veinules minces ou, comme dernière formation, dans des géodes et sur des parois de fentes; elles consistent en calcite, barytine, quartz, jaspe, quartz rouge ou calcédoine. Il convient de remarquer la présence de bitume et d'asphalte dans ces gisements. En outre, il est assez intéressant de noter que le cinabre s'y présente comme élément fossilisant, remplaçant des restes organiques : ce qui semblerait prouver que la matière organique a eu une influence pour précipiter le cinabre de ses dissolutions.

Les filons ont été très riches près de la surface; mais ils se sont appauvris à une faible profondeur et les mines de *Potsberg*, du *Stahlberg*, du *Landsberg*, de *Mœrsfeld* n'ont pu descendre à plus de 200 mètres. Chaque gisement est composé de plusieurs groupes de filons parallèles. La longueur du filon Gottergabe est de 900 mètres; celle des filons de Mœrsfeld est de 400 mètres environ; celle des autres ne dépasse guère 200 mètres. Plusieurs de ces groupes s'alignent en formant des systèmes de 11 à 12 kilomètres de long et de directions variées.

En dehors des mines du Palatinat, le cinabre n'a pas été exploité ailleurs en Allemagne; mais il a été rencontré, en divers points, comme élément secondaire associé à divers sulfures :

Citons, dans le Harz, le *Rammelsberg*[1] (pyrite de fer et de cuivre avec galène), où se trouve un peu de mercure. A *Tilkerode* et *Clausthal*, on a mentionné la tiemannite ($Hg^6$ $Se^5$) et la clausthalite mercurielle (séléniure de plomb et mercure). Dans la mine d'Hülfe Gottes, des veines de cinabre, avec barytine et sidérose, traversaient les roches paléozoïques. En Bavière, près de *Neustadt*, le cinabre était contenu dans des veines de quartz traversant le granite; en Saxe, près de Lönwitz, dans du quartz recoupant les schistes cristallins. A *Kreuznach* et dans d'autres points de la Prusse, le cinabre se présente, comme tout autre sulfure métallifère, en filons recoupant des roches éruptives et sédimentaires.

*Bibliographie.*

1766. Collini. — Historia et comment. Acad. Ela. Palatinæ, t. VI, p. 505.
1776. Ferber. — Bergm. Nachrichten von den Merkwürdigktein mineralischen Gegenden, p. 70.

[1] Voir plus haut, page 323.

1787. Widder. — Versuch einer vollständigen. Beschr. der Kurf. Pfalz (t. IV, p. 376).
1788. Beroldingen. — Bemerkungen auf einer Reise durch die Pfälzischen Quelcksilber Bergwerke.
1785. Schulze. — Crells Mem., t. II.
1790. Lasius. — Bergbaukunde, t. II, p. 359.
1807. V. Leonhard. — Taschenbuch, p. 20.
1820. Schulze. — (*Karstens Arch.*, t. III, p. 36.)
1848. V. Dechen. — (*Karstens Arch.*, t. XXI, p. 375.)
Oeynhausen. — (*Nöggerath's Rheinland-Westphalen*, t. I, p. 356.)
Barkart, t. IV, p. 185.
Gümbel. — Die Quecksilbererze der Pfalz.
1861. Cotta, p. 166.
1873. Von Dechen. — Die nutzb. Min. d. deuts. Reichs., p. 670.
1879. Groddeck, p. 316.
1888. Becker. — Quecksilver deposite of the pacific slope, p. 36.

## GÎTE DE MERCURE D'IDRIA (CARNIOLE)[1]

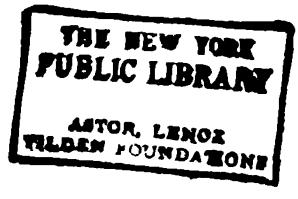
**Historique.** — La mine de mercure d'Idria, en Carniole, a été découverte en 1490; elle a été exploitée, depuis 1580, par l'Etat autrichien. En 1865, le gisement semblait tellement épuisé que l'Etat autrichien, ayant voulu le vendre, ne trouva pas d'acheteur pour 3 300 000 francs. Dès l'année suivante, la production reprit et, depuis 1867 jusqu'en 1879, le bénéfice net a été de 23 millions de francs. En 1892, la mine a produit 532 tonnes de mercure[2].

**Géologie de la région.** — Les gisements d'Idria sont encaissés dans le trias; on était porté, autrefois, à les considérer comme de formation ancienne; les derniers travaux du bergrath Lipold ont montré que la venue mercurielle était postcrétacée, peut-être contemporaine, par suite, de celle des mines d'Italie et de la chaîne des Andes.

La ville d'Idria est située au fond d'une vallée, au milieu des montagnes appartenant aux rameaux Sud-Est des Alpes Juliennes.

Les terrains qu'on rencontre, dans la région (fig. 340), sont, de bas en haut : *A*. la formation carbonifère, représentée par les couches de Gailthal; *B*. le trias; *C*. le crétacé; *D*. l'éocène; le lias et le jurassique n'apparaissent que plus au Sud.

[1] Coll. *Ecole des Mines*, nos 1079, 1080 et 1665.
[2] Voir plus loin, page 693, les renseignements économiques.


THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY
ASTOR, LENOX
TILDEN FOUNDATIONS

THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY
ASTOR, LENOX

pe détaillée du rhétien et du trias est la suivante :

| | DÉNOMINATION AUTRICHIENNE | DÉTAIL DES COUCHES | FOSSILES PRINCIPAUX trouvés A IDRIA ET A NEUMARKTL |
|---|---|---|---|
| n | Groupe de Raibl | Calcaires, marnes et tufs. | Trigonia Refersteini, |
| | | Calcaires, marbres et dolomies. | Pachycardia rugosa. |
| | Groupe de Hallstadt | Non représenté à Idria. | . . . . . |
| | Groupe de St-Cassian | Calcaires et dolomies. | Posidonomia Idriana, Lingula Lipoldi, Lepidotus, Voltzia Haueri, V. Foetterlei. |
| ur nes s | | Brèche à Conglomérat. | |
| | | Calcaires dolomitiques. | Sans fossiles. |
| r) | Groupe de Wengen | Calcaire et Schistes noirs à débris de plantes Couches de Skonza. (Lagerschiefer). *Gisement principal du Cinabre.* | Equisetites Arenaceus, Calamites Arenaceus, C. Meriani, Nevropteris Gaillardski, N. Elegans, Pecopteris Triassica, P. Gracilis, Chiropteris Pinnata, C. Lipoldi, Sagenopteris Lipoldi, Voltzia s. p., Lycopodites, Calamites. |
| | | Marnes, tufs et Phtanites noirs. | Posidonomia Wengensis, Trachyceras, s. p. |
| | | Calcaires noduleux, Calcaire compact. | Pinacoceras Sandalinum, Trachyceras Thuilleri, Ammonites. . . . . |
| ias n ou helkalk | Groupe de Guttenstein | Grès et Dolomies. | Naticella Costata, Trachyceras Cassianum, T. Idrianum, Trigonia Costata, Calamites s. p., Gervilia Socialis. |
| | | Calcaires noirs spathiques. (Couches de Campile.) | |
| Trias | | Marnes bariolées, avec inclusions de dolomies roses et de calcaires. | Avicula Venetiana, Pecten Discites, Myacites Fassaensis. |
| férieur ou grès bigarré | Groupe de Werfen | Grès schisteux versicolores. (Couches de Seissen) | Trigonia Vulgaris, Natica Gaillardski. |
| (Bunter Sandstein) | | Conglomérat et grès quartzeux. (Couches de Grœden) | Sans fossiles. |

Tous ces terrains ont subi des actions mécaniques violentes, dont l'âge, manifesté par leur retentissement sur le crétacé, a renseigné, par contre-coup, sur l'époque de la venue mercurielle, qui a profité des fractures et plis pour venir au jour.

La plus importante et la plus forte de ces dislocations, à Idria, témoigne d'une compression latérale énorme, d'ailleurs clairement manifestée par la disposition zonée de tous les terrains, dislocation qui a amené, près d'Urban, au S.-E., la rupture d'un pli aminci et le chevauchement du carbonifère sur le trias (dolomies de Saint-Cassian). Cette dislocation, que l'on peut suivre du N.-O. au S.-E., de Kanomla à Jélicen, laisse les couches carbonifères de Gailthal en concordance avec le trias et même le crétacé ; elle s'est donc produite après le dépôt de ce dernier terrain. D'autres failles accessoires l'accompagnent parallèlement au Nord et au Sud. L'une d'elles limite le massif crétacé entre Idria et Sala-Klaus et c'est suivant la même direction que s'aligne le gîte de mercure. En outre, il existe quelques accidents perpendiculaires, dont l'influence se fait sentir dans la mine.

Si nous parcourons, du N.-O. au S.-E., cette dislocation, on rencontre, sur trois coupes N.-S., les phénomènes suivants :

1° Sur la figure 341 (coupe I de la cave), on voit, à Cesnikar, les couches de Gailthal former un anticlinal, rompu à la voûte, que recouvrent directement, au Nord, les dolomies de Guttenstein, tandis qu'au Sud apparaît la série renversée du trias.

La figure 342 (coupe II de la carte) rencontre la faille principale dans la vallée de l'Idrica. Les couches de Gailthal, qui forment le lit du ruisseau, réapparaissent dans la mine (puits Josefi) avec une allure difficile à interpréter, mais que les travaux souterrains ont permis de préciser. L'explication qu'en a proposée M. Lipold est la suivante : un double pli synclinal et anticlinal renversé vers le Nord, rompu et laminé, ayant amené la superposition du carbonifère de Gailthal sur les couches de Wengen, où se trouve le cinabre ; puis, pour faire comprendre la position, au-dessus de ces couches de Gailthal, du trias discordant de Cerin, un plissement de ce trias venant du Nord, du Vogelberg.

La figure 343 (coupe III de la carte) montre, sur le ruisseau Lubewe, un plissement analogue.

L'étude attentive de ces phénomènes mécaniques a permis d'in-

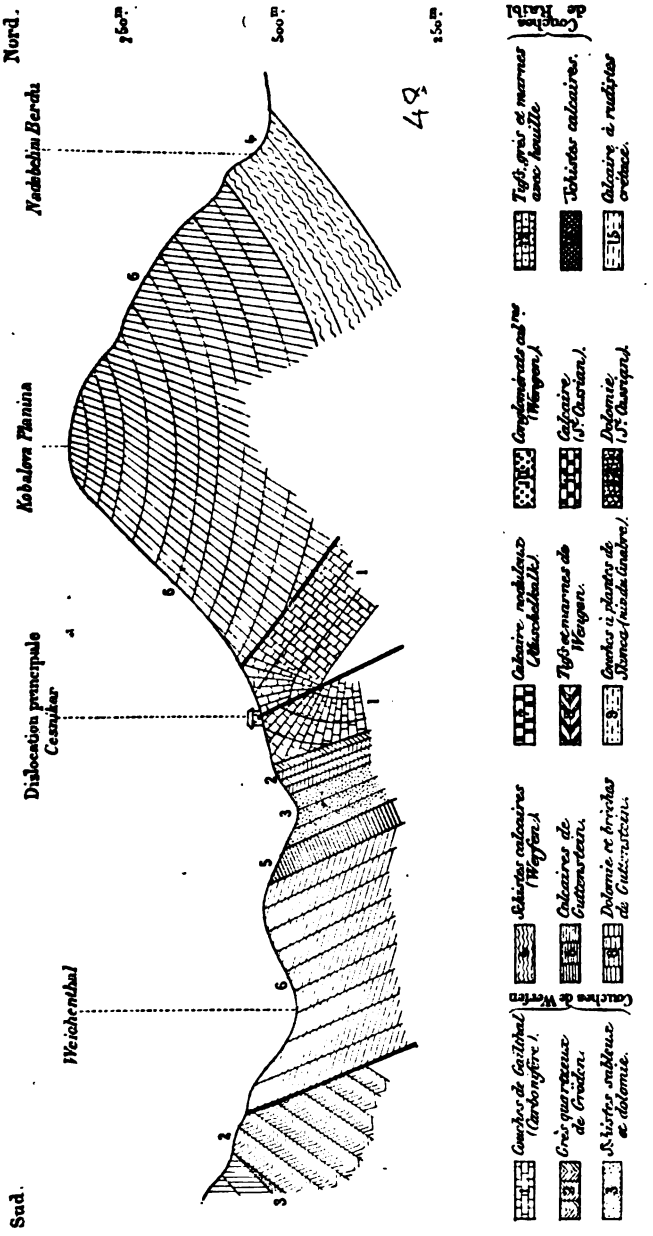



Fig. 341. — Coupe I de la région d'Idria (d'après M. Lipold).

erpréter plus exactement la constitution du gisement de mercure.

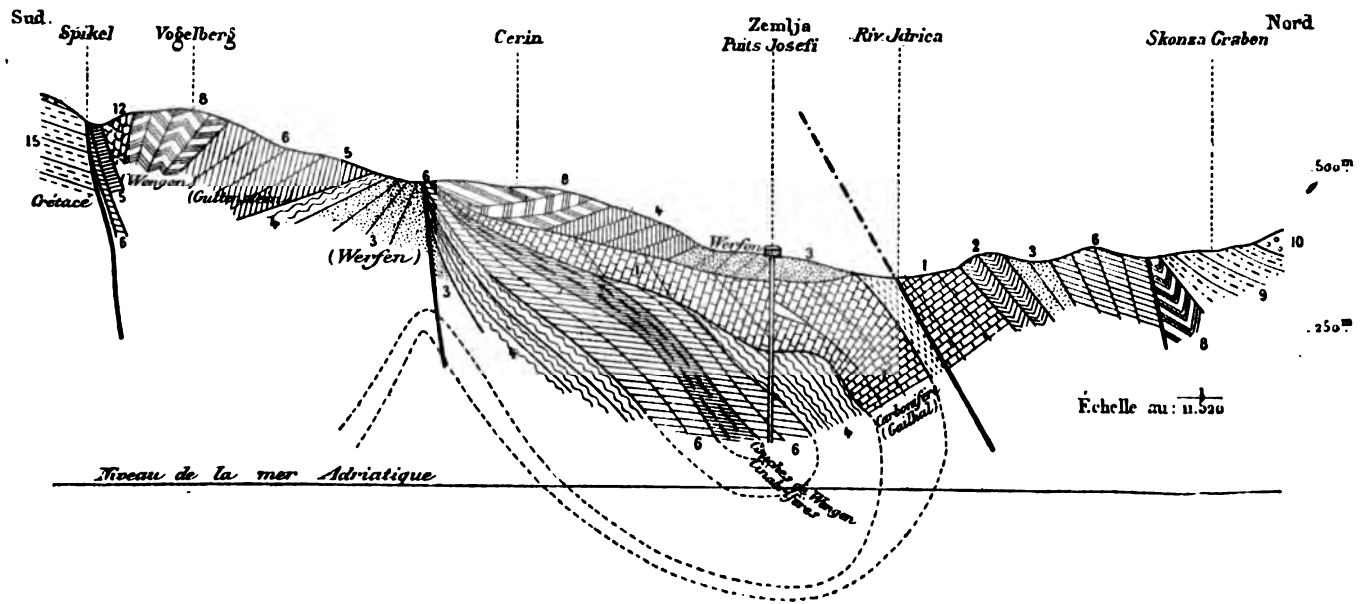



Fig. 342. — Coupe II de la région d'Idria (d'après M. Lipold).

sement. — Ce gisement se présente dans des conditions différentes, dans les deux quartiers de la mine : l'un,

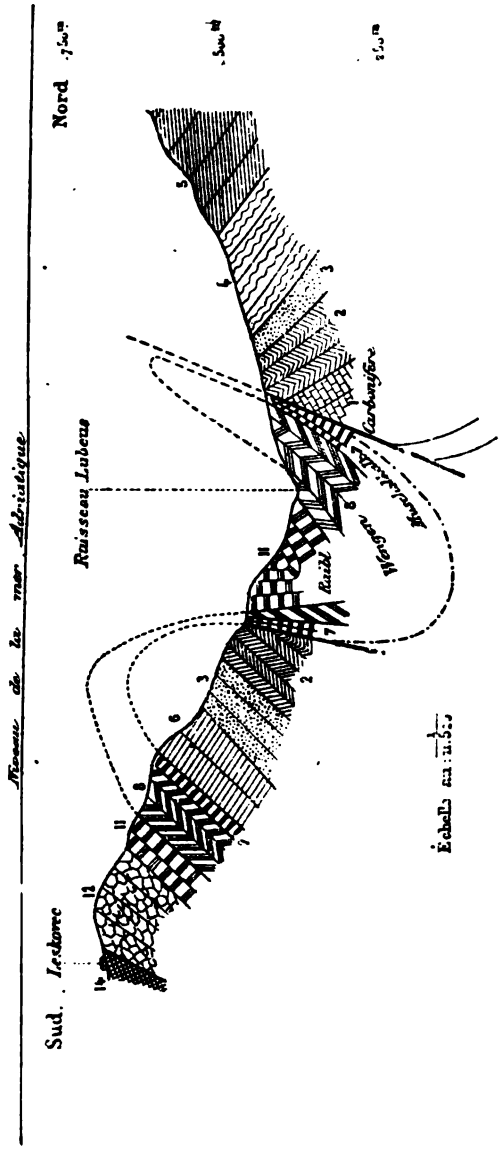



Fig. 343. — Coupe III de la région d'Idria (d'après M. Lipold).

O., exploité par les puits Barbara et Theresia ; l'autre S.-E. le puits de Josefi. Dans le premier, le mercure paraît con-

centré au milieu de l'étage de Wengen, dans les couches schi teuses de Skonza et les conglomérats qui les surmontent. prend là la forme d'un véritable dépôt, parfois élargi en am qu'un examen insuffisant pourrait faire croire contemporain couches. Dans le second, il semble localisé au voisinage de d fractures et pénètre dans les couches de Werfen ainsi que d

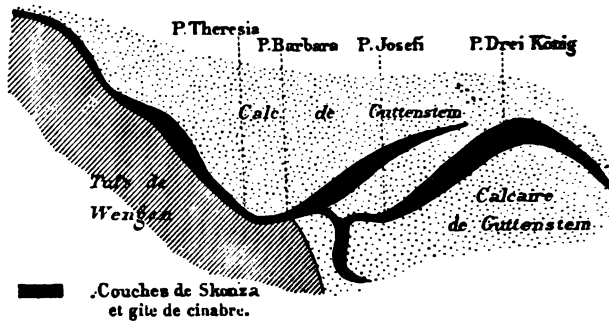



Fig. 344. — Coupe théorique du gîte d'Idria. (District Nord-Ouest.)

les calcaires de Guttenstein comme un gîte filonien. N décrirons successivement ces deux districts :

1° *District Nord-Ouest.* — Les couches de Wengen imprégné de cinabre, épaisses d'environ 20 mètres, ont : pour mur, tantôt calcaires ou grès de Guttenstein, tantôt des couches de Werf (dolomies, calcaires et schistes calcaires) ; pour toit, des conglom rats calcaires imprégnés de cinabre et des brèches dolomitiqu Elles-mêmes plongent, à environ 42°, depuis l'horizon de la gale Antoni jusqu'à une profondeur de 280 mètres, puis se divis en deux rameaux remontant et redescendant, comme le mon une coupe ci-jointe (fig. 344). Leur plissement forme une con absolument fermée au N.-O., mais ouverte au S.-E. Le nive métallifère se compose de schistes à empreintes végétales (couch de Skonza ou Lagerschiefer), au milieu desquels le mercure e très irrégulièrement disséminé, formant ici des concentration des amas lenticulaires et là disparaissant absolument.

Au toit, le cinabre s'est répandu à travers les conglomérats les dolomies en une infinité de veinules présentant des noya de concentration. Ces conglomérats deviennent très riches au co tact des couches de Skonza, mais là seulement. Un phénomè

logue s'est produit pour les schistes argentés de Gailthal (carbo-re), que la dislocation a amenés au-dessus du gîte et qui semblent ir opposé une barrière aux émanations mercurielles. Parfois, au tact des Lagerschiefer, on y trouve un peu de mercure natif [1] : à leur nom local de Silberschiefer (schiste argentés).

° *District Sud-Est.* — Les failles, avec lesquelles le minerai ait en relation, ont une direction environ $H_4$ et un pendage de à 30° ; leur largeur atteint souvent 1 mètre : elles sont rem-s de débris dolomitiques ou schisteux, fortement imprégnés de abre. D'autres failles stériles, dirigées $H_8$ ou $H_9$, ont produit un ichissement à leur intersection avec les précédentes. L'impré-ation mercurielle s'étend, d'ailleurs, en dehors des failles, au t et au mur, dans toutes les fissures de la roche dolomitique, qui encore utilisable jusqu'à une certaine profondeur.

**Minerais.** — Les minerais exploités à Idria sont exclusivement cinabre, le mercure natif n'étant qu'un accident, par exemple ns les schistes argentés. Ce cinabre prend, suivant sa structure, s noms différents :

Le minerai le plus riche est le *stahlerz*, ainsi nommé à cause de couleur d'acier (stahl) ; il tient 75 p. 100 de mercure.

Le *lebererz*, compact et brillant, forme ordinairement des yaux dans le stahlerz.

Le *ziegelerz*, d'un rouge vif, se trouve surtout aux confins du ement, là où le Lagerschiefer est plus solide et plus gréseux.

Enfin le *Korallenerz* (minerai corallien) se présente sous forme singulières pétrifications à apparence de coraux, dans les grès s couches de Skonza. Son analyse donne :

| | |
|---|---|
| Cinabre | 2 |
| Bitume | 5 |
| Phosphate de chaux | 56 |
| Phosphate de fer | 2 à 3 |
| Argile phosphoreuse | 2 |
| Fluorure de calcium | 5 |

En raison de sa forte teneur en phosphore, on a proposé de mployer à la production des superphosphates.

[1] Lipold, *loc. cit.*, p. 451.

Comme corps associés au cinabre, on doit, avant tout, ci le *bitume*, qui l'accompagne dans la plupart de ses gîtes, et pa avoir, avec lui, une certaine communauté d'origine. A Idria, Lagerschiefer devient bitumineux, en même temps que métal fère et ce bitume se concentre parfois en un minéral appelé idr lite, généralement près du Lebererz.

La pyrite de fer accompagne également, presque toujours, minerai ; mais on la trouve, en outre, dans des points où il n'y pas de mercure. On a, de plus, signalé un enduit de fluorine et braunspath dans une fissure du Lagerschiefer. Enfin l'on ci encore, comme minéraux secondaires, l'epsomite et le gypse pr duits par l'action d'eaux sulfureuses, venant des pyrites, sur dolomie et le calcaire.

Le gisement d'Idria, comme la plupart de ceux de mercure, pr sente cette particularité caractéristique d'affecter l'allure d'u imprégnation plutôt que d'une incrustation et de ne renferm qu'une faible proportion de gangue filonienne : un peu de qua et de calcite seulement.

On doit noter qu'à mesure qu'on s'est éloigné de la surface a trouvé une plus grande concentration et une plus grande nette des parties minéralisées.

**Formation du gisement.** — En résumé, il semble incontestab que l'arrivée du mercure à Idria s'est produite à la suite d'u plissement postcrétacé et par des fractures résultant de ce pliss ment. Le sulfure de mercure est monté à l'état de dissolution s'est répandu spécialement dans les milieux les plus favorable d'une part, les strates de grès ou de schistes poreux; de l'autr les parties bréchoïdes à fissures multipliées. Le Lagerschief n'en est particulièrement imprégné que parce qu'il se trouv dans l'axe de la dislocation et était plus facilement perméable peut-être aussi, à cause de la présence des restes de plant qui ont pu jouer un rôle. La dislocation a apporté, en outr du carbure d'hydrogène, de la silice et du sulfure de fer : c qui constitue un rapprochement de plus avec les phénomène hydrothermaux récents où l'on a pu constater la présence du mer cure.

**Exploitation.** — L'extraction d'Idria a été, en 1891, de 3 212 tonnes de roche (environ 27 000 mètres cubes) contenant 532 t. 711 de mercure, soit 20 kilogrammes par mètre abe, ou 0,84 p. 100. Le nombre des ouvriers est, en moyenne, e 800.

L'abatage d'un mètre cube coûte 7 fr. 10, le remblayage d'un ètre courant 5 fr. 90 ; le prix de revient brut du minerai sorıt de la mine est de 101 francs, les frais d'usine sont à peu près s mêmes. Le prix de revient du mercure est d'à peu près 500 francs. On estime qu'il reste à prendre 900 000 tonnes ne inerai ou 35 000 tonnes de mercure : ce qui constitue une réserve our soixante années.

Le bénéfice moyen annuel est d'environ 6 à 700 000 francs.

*Bibliographie.*

1855. Huyot. — Mine et usine d'Idria (Carniole). (*Ann. d. M.*, 5e, t. V, p. 7.)
* 1874. Lipold. — Geol. Karte der Umgebung von Idria in Krain. (*Jahrbuch ler geol. Reichsanstalt. Wien.*)
1874. Rechenschafts Bericht über die Gebarung bei dem Bergwerke zu Idria n den Jahren 1870, 1871 ünd 1872 (Wien).
1879. Groddeck, p. 138.
* 1881. Lipold. — Das Quecksilberwerk zu Idria.
1881. Dask. — Quecksilberwerk zu Idria in Krain.
1883. L. de Launay. — Mémoire sur Idria. (Manuscrit à l'École des mines.)
1888. Becker, Pacific slope, p. 38.

Indépendamment d'Idria, on peut signaler, en Carniole, d'autres ;isements de cinabre qu'il est d'autant plus naturel d'en rappro-:her qu'ils semblent en relation avec un système de plissement :ontemporain et probablement du même âge ; ce sont ceux de Saint-Anna ou Potocnig (Neumarkt) et de Littai. En Serbie, nous ıurons également à mentionner quelques mines de mercure remarquables par une association du mercure et de l'antimoine, qui se retrouve au Mexique.

## GÎTE DE MERCURE DE S$^{t}$-ANNA, OU POTOCNIG (NEUMARKT)[1]

Le gisement de Potocnig, ou de S$^{t}$-Anna, est situé, à 8 kilomètres au N.-O. de la petite ville de Neumarkt, sur une ligne Nord-Sud réunissant Laibach à Klagenfurt. Les terrains, qui avoisinent Potocnig, sont principalement formés de schistes et calcaires triasiques, recouverts par quelques lambeaux nummulitiques. Le mercure y a, jusqu'en 1881, au moins, été rencontré exclusivement dans un calcaire noir de l'étage de Guttenstein (muschelkalk). Les travaux de mines ont montré l'existence de schistes et calcaires fortement disloqués, avec interposition, au Nord, entre les schistes et les calcaires, d'une brèche calcaire. Le cinabre forme, tantôt de petites veinules et mouches sans relation apparente entre elles, au milieu du calcaire et tantôt l'incrustation de fissures. Mais veinules et fissures sont localisées dans une certaine zone, mal limitée d'ailleurs, qui est, en même temps, chargée de bitume. Cette zone filonienne a atteint, en profondeur, de 1 à 5 mètres.

La teneur des minerais livrés à l'usine varie entre 0,65 et 1,20.

En 1891, S$^{t}$-Anna a produit 5 969 tonnes de minerai et 21 tonnes de mercure.

*Bibliographie.*

1876. Badoureau et Roche. — Rapport manuscrit.
Pichler. — Schachtofen in Saint-Annathal, bei Neumarkt. Klagenfurt.
1881. Fuchs. — Rapport manuscrit.

## GITE DE MERCURE DE LITTAI (CARNIOLE)[2]

La mine de Littai, située également en Carniole, sur la ligne de chemin de fer de Laibach à Marburg, présente cette particularité

[1] Coll. *École des Mines*, n° 1660.

[2] Voir plus haut, page 617.

d'être, à la fois, une mine de galène (avec cérusite abondante) et de cinabre. Nous l'avons décrite au chapitre du *Plomb*, et nous avons dit comment le plomb, qui imprègne une couche dans les grauwackes carbonifères de Gailthal, y a, peut-être, pénétré en se substituant à un carbonate de fer dont il reste, au milieu de lui, des débris. Le cinabre paraît postérieur à la galène dont il enveloppe des noyaux ; il n'y aurait rien d'impossible à ce qu'il fût arrivé à la faveur d'une réouverture.

En 1891, Littai a produit 1 452 tonnes de minerai et 15t,939 de mercure (en diminution de 1t,558 sur l'année précédente).

## GÎTES DE MERCURE D'ITALIE (VÉNÉTIE, TOSCANE)

Le cinabre se présente, à l'état minéralogique, dans un assez grand nombre de points de l'Italie. C'est ainsi qu'on l'a signalé à Grasso, sur le Mt Muccio di Margno, en Lombardie, dans un quartzite micacé[1] ; à Levigliani, au-dessus de Seravezza et entre Seravezza et Querceta dans les Alpes ; à Jano, entre Volterra et Montajone, dans le carbonifère, etc.[2]. Il y est exploité dans deux régions principales : la Vénétie et la Toscane, dont l'importance respective a beaucoup changé dans ces dernières années, la Vénétie ayant arrêté sa production depuis 1880, tandis que la Toscane arrivait progressivement à 450 tonnes par an. En Vénétie, la mine la plus célèbre est celle de Vallalta, près d'Agordo ; en Toscane, celle du Siele, près du mont Amiata.

**1° Gisement de Vallalta (Vénétie).** — La mine de Vallalta, située dans la province de Belluno, commune de Gosaldo, est très anciennement connue ; elle a été reprise en 1856 et abandonnée depuis 1880. Les dépôts de cinabre se trouvent au contact d'un porphyre quartzifère (microgranulite) et de roches triasiques formées de grès, schistes, calcaires et conglomérats. Le gisement,

[1] Curioni. *Géolog. lomb.*, II, 157, 1877.
[2] D'Achiardi, I. 110.

d'épaisseur très irrégulière, suit le porphyre et se termine avec lui. On trouve le cinabre, soit en mouches dans le porphyre même ou le grès, soit en veines dans les schistes ; mais la grande masse de minerai est dans un conglomérat spécial qui ne semble pas exister en dehors du gîte. Ce conglomérat est formé de cailloux arrondis de gypse, calcaire, quartz et porphyre, cimentés par une gangue talqueuse. Le cinabre est réparti en veines ou en grains. La masse renferme, en général, moins de 0, 1 p. 100 de mercure ; mais, par points, l'imprégnation a été assez forte pour que la roche fût formée, presque entièrement, de cinabre englobant du gypse, de la calcite, du quartz et des paillettes de mica magnésien. D'après Von Rath, la teneur pouvait atteindre, dans ce cas, jusqu'à 24 p. 100 de mercure. Le cinabre est souvent accompagné de gypse. Le seul sulfure, qu'on trouve avec lui, est la pyrite, dont les cristaux sont souvent englobés par le cinabre. Les schistes encaissants sont, par endroits, graphiteux. En ces points, du mercure métallique a été rencontré. Le plus grand amas exploité a atteint 32 mètres d'épaisseur, avec une teneur moyenne de 0,5 p. 100. La production annuelle s'est élevée à une tonne de mercure.

La genèse du gîte semble pouvoir s'expliquer par une venue de sources chaudes ayant suivi une fissure le long du porphyre. Le soit-disant conglomérat métallifère ne serait qu'une brèche de frottement ayant accompagné la production de cette cassure. Le gypse et le cinabre se seraient déposés ensemble et le mercure natif résulterait d'une réduction du cinabre par le graphite [1].

En dehors de Vallalta, il existe encore, en Vénétie, quelques gîtes de mercure :

Ainsi, sur le mont Avanza, dans la commune de *Forni Avoltri* (Udine) une mine abandonnée ; des mouches de cinabre au hameau de *Spessa*, sur le chemin de Cividale à Cormons [2] ; d'anciennes mines au mont *Peralba* [3] ; d'autres enfin, dans le *Frioul*, où le cinabre amorphe, terreux, rouge clair, se rencontre associé à la tétraédrite sous forme de veines dans des terrains carbonifères,

[1] Nous avons vu quelque chose d'analogue à Idria, p. 693.

[2] Jervis. *Tes. sott. Ital.*, 1873, I, 334.

[3] Marinoni. *Sui miner. del Friuli*, 1881, p. 27.

au milieu de calcaires marneux et schisteux micacés que recouvrent des argilo-schistes.

**2° Gîtes du Siele, etc. (Toscane).** — Les mines de Toscane ont pris, depuis 1880, une importance croissante. Elles sont situées dans une bande allongée, d'environ 50 kilomètres de long, parallèle à la côte à 30 kilomètres de distance. La plus ancienne, dont il soit fait mention, est celle de *Levigliani*, près de Seravezza, déjà mentionnée dans un acte de 1163. Le cinabre y est accompagné de guadalcazarite (Hg, Zn) S., de sidérose, de pyrite et, en quelques points, de mercure natif ; il est disséminé dans des veines irrégulières de quartz qui recoupent des schistes stéatiteux anciens.

A *Ripa*, sur les Alpes de Corvaia, près de Seravezza et de Querceta, ces mêmes veines de quartz cinabrifère traversent un schiste micacé. Le cinabre y fut découvert en 1838.

Un peu plus loin, à *Jano*, près de Volterra et de Montajone, le cinabre imprègne des schistes bitumineux carbonifères ; il est de couleur brune, très semblable à certaines, variétés d'Idria. On y a trouvé de superbes empreintes végétales qui ont permis de déterminer l'âge des schistes. Le cinabre y est accompagné de pyrite de fer. On avait fondé beaucoup d'espérance sur cette mine, qui n'a donné que des résultats insignifiants [1].

Les mines du mont *Amiata*, en particulier celles du Siele, ont eu un bien meilleur sort. Les affleurements de minerai apparaissent là, en plusieurs points, près des villages de *Castellazzara*, *de Selvena*, *de Santa-Fiora*, *Pian Castagnaio*, *Castel del Piano* et *Abbadia San-Salvadore*, autour d'une masse trachytique qui constitue le mont Amiata ; ils sont situés dans des roches, surtout calcaires, qui recouvrent elles-mêmes des terrains de l'époque éocène. On les retrouve au mont de *Fate* près *San-Giuliano*, dans des calcaires jurassiques, où se présentent fréquemment de grandes masses rouges de cinabre terreux.

Diverses mines ont été ouvertes à *Selvena*, à *Cornacchino*, et *Pian Castagnaïo ;* les plus fructueuses sont celles de *Siele* et de *Cornacchino*.

[1] Becchi. *An. ch., d'alcuni. miner. tosc.*, 1850.

**Caractères généraux de la région de Siele.** — Le mont Amiata, dont la cime s'élève à 733 mètres, est situé, au Sud de la Toscane, sur les confins des anciens Etats Pontificaux, entre les vallées du Tibre et de l'Ombrone. Il est formé de trachyte; les terrains tertiaires, qui l'entourent, ont été plissés fortement et ont donné lieu à des cassures, qui ont probablement amené le mercure. Les caractères de ces gisements sont les suivants : le mercure se rencontre à l'état de cinabre dans des terrains de nature

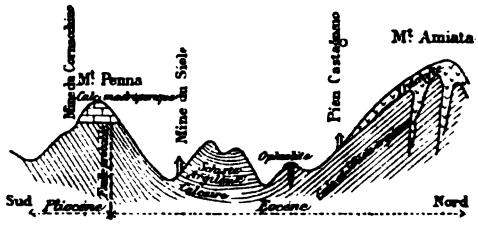



Fig. 345. — Coupe générale N.-S. de la région du mont Amiata (d'après M. Jasinski).

et d'âge très différents, depuis le tithonique : dans des marnes, argiles, calcaires, silex, trachytes, basaltes, etc., sous forme de filons, d'amas et presque de couches.

Dans les roches compactes, comme le trachyte, le cinabre est disséminé dans toutes les cassures naturelles et se présente toujours en filons, mais ne pénètre pas la roche ; il est généralement accompagné de cristaux de spath calcaire et de stéatite.

Dans l'argile et les schistes, au contraire, le cinabre se rencontre sans forme de petits cristaux disséminés dans la masse; la zone imprégnée affecte la forme d'amas et est toujours en relation avec les filons de minerai des roches encaissantes. Le cinabre y est souvent accompagné de marcassite, de spath calcaire, de silice pulvérulente.

L'âge de ces minerais paraît être celui du plissement des Apennins. Sur le flanc du mont Penna, on observe des couches de schistes, contenant du cinabre ; le minerai y est mélangé de cailloux roulés et paraîtrait y avoir été déposé par les eaux qui avaient corrodé un gisement antérieurement formé. Le terrain qui contient ces gîtes étant de l'époque pliocène, on a ainsi une

limite supérieure pour l'âge de la formation cinabrifère. D'autre part, les couches éocènes ont été influencées par le mouvement de dislocation, avec lequel le mercure semble en relation.

**Gisements de Siele.** — Voici quelques détails sur la mine de Siele, dite de Diaccialetto, qu'on peut prendre comme type de toutes les autres.

La mine de Diaccialetto est à 5 kilomètres de Castellazzara et de Selvena, sur la rive gauche du torrent, le Siele; le gisement se trouve dans des couches calcaires et calcaréo-marneuses, dirigées E. 36° N.-O. 36° S., avec une inclinaison N. 36° O. et un pendage

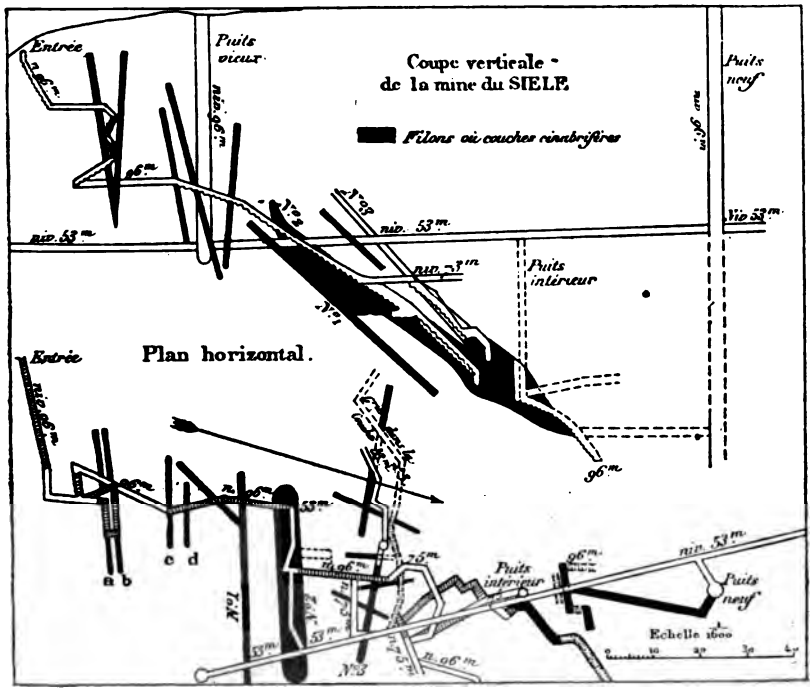



Fig. 346 — Plan et coupe de la mine de mercure de Siele.

de 45°. Dans ces différentes couches, sont des argiles cinabrifères n$^{os}$ 1, 2, 3 (fig. 346), dont la principale se nomme *grand diga.*

Les couches d'*argile cinabrifère* ont une grande puissance. Le minerai est surtout accumulé vers le toit et se rencontre, presque

pur, sur une puissance de plusieurs mètres ; le reste de l'argile est imprégné tout entier et constitue un minerai précieux, facile à exploiter et à traiter.

On trouve le cinabre, dans l'argile, soit en cristaux isolés, non discernables à la vue, et dont le poids seul de l'argile décèle la présence, soit en agglomérations rouge vif, soit en blocs d'aspect métallique exceptionnellement riches (63 p. 100 de mercure). A ces couches de cinabre et notamment à la couche dite grand diga, s'unissent, à la partie supérieure du gisement, de petits filons et de petites couches très blanches de spath calcaire maculé de cinabre, qui, tantôt sont interrompues et tantôt reparaissent à petite distance : on les nomme des *tettoni*. De ceux-ci partent des rameaux de filons plus petits.

Avant que les travaux eussent atteint la profondeur de 50 mètres, où se trouve la grande masse argileuse cinabrifère, on ne pouvait juger de l'avenir du gîte que sur ces petites veines de spath calcaire cinabrifère et la pauvreté de ces calcaires, qu'on pensait être la seule matrice du cinabre, faillit arrêter l'exploitation. On avait bien rencontré des couches argilo-marneuses, dites *liscioni*, mais elles étaient stériles ; elles interrompaient les petites veines spathiques cinabrifères dont elles enfermaient quelques fragments et n'étaient traversées, en long et en large, que par des veines de calcaire spathique pur, non cinabrifère.

La couche dite grand diga apparut tout à coup, la nature de la gangue changea, et cette mine, qui avait été vendue après faillite, devint la plus importante de l'Italie centrale, et l'une des mines de mercure les plus productives d'Europe. Le minerai y est très riche, comme l'indiquent les analyses suivantes publiées par M. Petiton.

| | | |
|---|---|---|
| Masse du minerai . . . . . | 63-65 | p. 100 de Hg. |
| — argileuse séchée. . . . . | 15-16 | — |
| Teneur moyenne . . . . . | 37-89 | — |

Au point de vue théorique, il convient de mentionner la présence du cinabre dans les trachytes près de Pian Castagnaio : ce qui confirme l'âge attribué plus haut à la venue du mercure.

La mine de la *Solfarata* est située à 1 600 mètres de la mine du

Siele. On peut remarquer, tout autour, une grande quantité de soffioni dégageant de l'hydrogène sulfuré en abondance et qui ont donné son nom à la mine.

Les conditions de gisement sont analogues à celles de Siele. La venue cinabrifère a traversé des successions de calcaire, marnes et argiles en les imprégnant d'une manière très variable.

La mine de *Cornacchino* se trouve sur le versant méridional du mont Penna. Le sommet de cette montagne est formé de calcaire nummulitique et madréporique. Au-dessous, viennent des couches siliceuses stratifiées, de 10 centimètres de puissance environ, où l'on trouve le cinabre. Plus bas, on rencontre des calcaires albarèse et des argiles, où l'on retrouve également un peu de minerai.

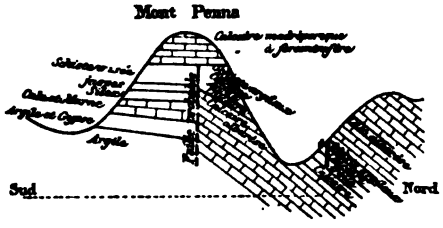


Fig. 347. — Coupe N.-S. du mont Penna (d'après M. Jasinski).

En 1890, les deux mines de Siele et de Cornachino (Reto) ont occupé 50 ouvriers et produit 449 tonnes de mercure représentant, sur place, une valeur de 2 919 969 francs.

Pour terminer ce qui est relatif à l'Italie, nous ajouterons que le cinabre a été signalé à la *Tolfa* près de Civita-Vecchia, associé à la fluorine et à la blende et au *Vésuve*.

La présence du mercure auprès du Vésuve, signalée par Dolomieu, mise en doute par Nöggerath, est au moins réelle à Pouzzoles, près Naples, où M. de Chancourtois a pu recueillir des échantillons de cinabre et réalgar à l'orifice de la principale solfatare.

En Sicile, Nöggerath cite six localités où le cinabre a été signalé : en particulier à Paterno, près Catane, à la base de l'Etna.

*Bibliographie.*

1794. Dolomieu. — Mercure au Vésuve. (*Journ. de phys. chim.*, etc., t. I, p. 102.)

1838. Hoffmann. — Geschiche der Geognosie und Schilderung der Vulkanischen Erscheinungen. Berlin, p. 477.

1845. d'Hombras Firmas. — Mines de mercure de Ripa près de Pietra Santa (Toscane). (*B. S. G.*, 2e, t. II, p. 266.)

1855. V. Hauer et Fötterle. — Sur Vallalta. (*Übersicht der Bergbaue*, p. 38.)
1855. Caillaux. — Le Siele. (*Ind. min.*)
1858. Trinker. — Sur Vallalta. (*Jahrb. d. geol. Reichsanst.*, p. 442.)
1861. Cotta, p. 351.
1862. Nöggerath. — Les mines de mercure. (*Zeitsch. prussien*, t. X.)
1864. V. Rath. — Sur Vallalta. (*Zeitschr. d. deutsch. geol. Gesellsch.*, t. XVI, p. 121.)
1867. Pellati. — Stat. Miner. Italia.
Jasinski. — Note sur les gisements de mercure de Pian Castagnaio (inédit).
1873. Jervis. — Tes. sott. Italia, I, 334.
1877. Curioni. — Geol. lomb, 2, 157.
1877. d'Achiardi. — Miniere di mercurio in Toscana. (*Soc. Toscana di Scienze natur. residenti in Pisa*, t. III, p. 132.)
1877. G. von Rath. — I monti di Campiglia nella Marremma toscana. (*Boll del R. Com. geol. d'Italia*, t. VIII, p. 187, 278, 325. Rome, 1877.)
1878. Rolland. — Mercure au Vésuve. (*Bull. Soc. minéralog.*, t. I, p. 99.)
1878. Lotti. — Il Monte Amiata.
Bol. — Com. geol. Italia, 9-10 p. 371.
1879. Groddeck (trad. Küss), p. 318, sur Vallalta.
* 1880. Petiton. — Note sur la mine de mercure du Siele (Toscane). (*Ann. d. M.*, 7e, t. XVII, p. 35.)
1883. d'Achiardi. — I metalli, loro minerali et miniere, t. I, p. 110.
1888. Becker, Pacific slope, p. 83.
1887. J. Francis Williams. — Ueber den *Monte Amiata* in Toscana und seine Gesteine. (*N. J. fur Min.*, 1887, t. II, p. 381. Stuttgart.)

## GÎTES DE MERCURE DE HONGRIE (TRANSYLVANIE), BOSNIE, SERBIE, RUSSIE, ETC.

**Hongrie.** — La Hongrie est un des pays où l'association du mercure avec l'antimoine (tétraédrite et stibine) est bien manifeste[1]. La tétraédrite mercurielle, assez rare partout ailleurs, semble être caractéristique de ces gisements et arrive à tenir 16,7 p. 100 de mercure. Le mercure, qui y a été, depuis longtemps, signalé comme obtenu dans le grillage de minerais de cuivre, forme un cuivre gris mercuriel associé avec de l'amalgame, du cinabre et de la pyrite, en veines qui traversent les schistes cristallins et gabbros. La gangue habituelle est le quartz ou la barytine. Comme sulfures accessoires, on trouve la stibine et la galène. V. Cotta signale les

[1] Cotta, p. 305 ; Becker, *loc. cit.*, p. 41.

filons de *Dobschau*, de *Szlana*, de *Kotterbach*, et de *Metzenseifen*.

On connaît, en outre, du mercure à Schemnitz, Rosenau et Mernyik [1] dans le grès carpathique.

En *Transylvanie* [2], le mercure existe aussi, notamment à Dumbrawa, quoique nulle part à l'état exploitable.

Le gisement le plus intéressant est celui du *Thihuthal*, dans les Carpathes, entre la Transylvanie et la Bukovine.

Il existe là, sur les deux flancs d'une vallée, de nombreuses intrusions de basaltes et de trachytes dans les grès carpathiques et schistes subordonnés. Il s'est produit, au contact de ces roches, une série de cassures, brèches de friction, etc. En l'un de ces points, le long d'un dyke trachytique traversant des schistes très altérés, se trouve un filon, de 1 à 5 mètres, rempli principalement de calcite et sidérose, empâtant des fragments des roches encaissantes. Le cinabre s'y présente en veines et nids irréguliers, avec un peu de blende et de galène. Cette brèche cinabrifère est très caractéristique et rappelle ce que nous avons vu à Vallalta, en Vénétie.

La production moyenne annuelle de mercure en Hongrie a été de 1864 à 1883, d'environ 26,65 tonnes métriques ou 772 bouteilles ; depuis cette époque, elle est descendue à 10 tonnes en 1889 et 8,10 tonnes en 1890, provenant du district de Szepes-Iglo.

**Bosnie.** — En Bosnie, on fait, depuis peu, des recherches, près de Prozor, sur des gisements analogues à ceux de Hongrie.

Dans l'un, il existe une association de cuivre gris argentifère et de cinabre avec barytine : ce gisement est encaissé dans des couches paléozoïques.

Un autre est formé de quatre filons contenant : les deux premiers, presque uniquement de la stibine ; le troisième, un mélange de stibine avec un peu de cinabre, le quatrième 13 p. 100 de cinabre contre 7 p. 100 de stibine dans les échantillons triés. Ces filons sont encaissés dans des schistes cristallins, très altérés au voisinage ; la gangue est généralement quartzeuse [3].

[1] Kunner. Zinnober von Mernyik. Zeit. kr. Min. Groth, 1878, 2, 3, 304 ; cf. d'Achiardi, I, 117.

[2] Cotta, p. 268 ; Becker, p. 41.

[3] Renseignements communiqués par M. Bordeaux, ingénieur civil des mines. — Cf., sur la Bosnie : 1865-66. Conrad. *Revue de géol.*, t. V, p. 115

En Bosnie également, nous avons eu l'occasion de mentionner[1] à propos du cuivre gris, des gîtes de cinabre qui se trouvent près de Cresevo. M. Conrad en a signalé, près de Serajevo, dans des schistes et calcaires. Le cinabre y est accompagné de pyrite, blende et, paraît-il, de traces d'or.

**Serbie.** — En Serbie, comme en Bosnie et en Hongrie, le mercure est associé avec du cuivre gris.

Un important dépôt de cinabre a été découvert, ou plutôt retrouvé, au mont Avala, près de Belgrade, en 1883. Ce dépôt, qui paraît avoir été exploité par les Romains, a été étudié par von Groddeck[2]. Le minerai a été rencontré, autour du mont Avala, en six points qui ne sont pas en ligne droite, au milieu d'une serpentine paraissant ici résulter de l'altération d'une péridotite[3]. On trouve avec le cinabre, un peu de mercure natif et de calomel, de la pyrite et de la millérite, accidentellement de la galène. La gangue est formée de calcédoine, quartz, calcite, dolomie, barytine et hématite. Le cinabre se trouve surtout dans des veines de quartz et barytine ramifiées en tous sens.

D'après von Groddeck, la structure microscopique du minerai montrerait qu'il s'est substitué à la serpentine. M. Becker s'est élevé contre cette hypothèse d'une substitution, déjà émise à Almaden par MM. de Prado, Monasterio et Küss et, à Idria, par M. Lipold. Selon lui, il manque, dans tous les gîtes de mercure ce qui caractérise essentiellement la substitution, telle qu'on peut la constater pour le fer, le zinc, etc., c'est-à-dire des fragments plus ou moins anguleux de la roche encaissante, empâtés dans le minerai qui les a corrodés ; en outre, l'examen microscopique contredit, à son avis, cette théorie.

**Turquie d'Europe**[4]. — M. Fischbach a décrit des dépôts de cinabre et mercure natif à Prisren, en Albanie.

[1] Page 307.

[2] 1883. V. Groddeck. (Zeitschr. prussien, t. XXXIII.)
1887. D. Schmidt : Zinnober von *Serbien*. (*Földtani Köszlony*, t. XVII, p. 552. Budapesth, 1887.)

[3] Il y a lieu de rapprocher ce fait de l'existence des serpentines près du cinabre de Californie, ces serpentines étant, d'après M. Becker, dues au simple métamorphisme de grès.

[4] 1873. Fischbach. *B. u. H. Zeit.*, t. XXXII, p. 109. (Sur Prisren, en Albanie.)

**Russie**[1]. — En dehors des monts Oural, dont nous parlerons à propos de la Sibérie[2], un gisement de mercure a été signalé, en 1879, par M. Minenkoff dans le Sud de la Russie, entre la station de *Nikitoffka* et Gavriloffka, un peu au Sud de Bachmut, au centre du bassin houiller du Donetz. M. Auerbach y a commencé des travaux d'exploitation en 1886; la production, qui a pris rapidement de l'importance, a été : en 1887 de 56 tonnes, en 1888 de 167 tonnes, en 1889 de 170 tonnes.

Le mercure imprègne là, sur 500 mètres de long, un banc de grès houiller, incliné à 50° et surmonté par des schistes argileux; au mur, sont des grès compacts; il existe de petites fissures friables, injectées de cinabre, en sorte que, dans le classement des minerais, la teneur est à peu près en raison inverse de la dimension des fragments.

Tschermak a mentionné, dans ce gisement, la présence de la galène.

Dans le *Caucase,* district du Daghestan, on a également signalé quelques gisements de cinabre.

Pour terminer ce qui est relatif à l'Europe, nous nous contenterons de mentionner la présence du mercure en Norvège, en Suède et en Ecosse.

**Scandinavie.** — De l'amalgame d'argent a été trouvé à Kongsberg, en Norvège; à Sala, en Suède; mais on n'y a jamais signalé de cinabre[3].

**Ecosse**[4]. — Dans les montagnes de l'Ecosse, Plain parle d'un minerai (probablement une tétraédite) contenant du plomb, du

[1] Coll. *Ecole des Mines*, 1776. — Voir : 1885 *Tschermaks. Mineral. Miltheil*, vol. VII, p. 93.

1886. Hiriakoff. Geol. Föreningens Stockholm Förhandl, t. VIII, n° 6.

1891. Weiss. Usine à mercure de Nikitoffka. (Mémoire manuscrit à l'École des Mines.)

1892. Société de Géographie du 22 avril 1892.

1888. Becker, Pacific slope, p. 43.

[2] Page 708.

[3] Nöggerath; Becker, loc. cit., p. 27.

[4] Becker, loc. cit., p. 27.

cuivre et un peu d'argent, dont la distillation aurait produit mercure [1].

## GITES DE MERCURE EN ASIE

**Asie Mineure, Perse, etc...** [2]. — Près de Smyrne, M. Fischb a signalé une riche veine de cinabre accompagnée par de la s bine, comparable, par suite, aux gîtes de Bosnie décrits plus haut La stibine est, d'ailleurs, abondante dans cette région de l'As Mineure.

En Perse, l'écrivain Ibn Mohelhel, qui vivait au IX^e^ siècle, mentionné la présence du mercure à l'Ouest du Zendjan. général Houtum Schindler de l'armée persane a retrouvé, en point, du cinabre et du mercure natif avec du réalgar, dans basalte. Du soufre natif est exploité au voisinage et ce gisemen semble rappeler les solfatares de Californie.

**Sibérie** [4]. — Le cinabre a été trouvé, à diverses reprises, dans l districts aurifères des monts Oural : par exemple, près de Ber sowsk, de Miask et de Bogoslowsk. En ce dernier point, on rencontré des morceaux de cinabre natif pesant plus d'une livr mais sans pouvoir reconnaître leur gisement primitif. Dans le sables aurifères de Olem-Trawiansk, on retrouve des fragmen de cinabre avec gangue de quartz.

Dans la Sibérie orientale, il existe une mine de cinabre, tout fait isolée, à Ilde Kansk, district de *Nertschinsk*, sur les bords de l Mandchourie. Le minerai, accompagné de calcite et de quartz, e

[1] Il conviendrait également de noter, à cette place, la découverte faite par M. Des cloiseaux, au grand geyser d'*Islande*, de gouttelettes de mercure, superficiellement transformées en cinabre. La prédominance du mercure natif sur le cinabre, la localisation de ce mercure (jamais retrouvé depuis), l'absence de matières bitumineuses, etc., ont conduit, en définitive, à attribuer sa présence à quelque cause accidentelle, peut-être à la rupture d'un baromètre.

[2] 1881. Sur la Perse : (*Jahrb. geol. Reichs. Wien*, t. XXXI, p. 188.)
Becker, loc. cit., p. 44.

[3] Page 704.

[4] 1870. Von Kokscharow. Materialen zur Mineral. Russlands, t. VI, p. 259.
1880. Zincken. *Berg. u. H. Z.*, t. XXXIX, p. 350.
1888. Becker, loc. cit., p. 44.

veines et en nids dans un calcaire gris jaune. La mine fut couverte en 1759, bientôt abandonnée, reprise en 1797, fermée 1834, reprise encore en 1837 et définitivement abandonnée en 53, si bien que plusieurs voyageurs ont été jusqu'à nier son istence [1].

Elle a, d'ailleurs, donné lieu à beaucoup de légendes au sujet des nées de prisonniers qu'on y enfermait, disait-on, au milieu des peurs délétères.

Nöggerath signale du cinabre au Kamschatka.

**Chine (Kwei-Chau)** [2]. — Le mercure paraît être abondant en hine, où l'industrie du vermillon est, comme nous l'avons dit, s ancienne et très développée; mais le seul point, où il t été constaté d'une façon précise, est la province de Kwei-iau.

D'après Richthofen, cette province exportait, au siècle dernier, ne quantité importante de mercure. Les mines ont été abandonnées en 1848, et seulement reprises il y a peu d'années. Elles raient, dit-on, très considérables. La même province produit du algar, de l'orpiment et divers minerais métallifères.

Le *Thibet* a été souvent cité comme fournissant du cinabre, sans ne le fait semble avoir été bien vérifié.

**Corée** [3]. — En Corée, M. Oppert a signalé du mercure, de étain et du plomb dans la province de Hoang-Hai. M. Gottsche a écemment reconnu, en ce point, l'existence de roches éruptives ecoupant des schistes cristallins et de nombreuses sources haudes.

D'après Davies, la façon dont les Chinois et les Coréens btiennent le mercure serait assez primitive : « Ils creusent, it-il, des puits dans les couches cinabrifères, y allument des

[1] Henri Lansdell. Through Siberia, 1882.

[2] Pumpelly. Geological Researches in China.
1872. Richtofen. Letter VII, to the Shanghai Board of Trade.
1888. Becker, loc. cit., p. 46.
1889. Davies, p. 282.

[3] 1880. Oppert. Voyages to Corea, p. 171.
1886. Gottsche : Sitzungsberichte der Berliner Akademie, t. XXXVI.
1888. Becker, loc. cit., p. 47.

feux et retirent un peu de mercure qui se fixe, après distillation sur les parois. »

**Japon** [1]. — De très minces veines de cinabre se rencontrent à Shizu, province d'Hirado et dans les environs de Sendai, province de Rikuzen, au milieu de roches volcaniques.

Une mine de mercure a été exploitée près d'Ainoura, dans la péninsule d'Hirado. Le cinabre y imprégnait des grès houillers. L'exploitation a été abandonnée.

**Indes britanniques** [2]. — On dit que des mines de mercure ont existé autrefois à Ceylan, près de Colombo. Dans les îles Andaman et aux environs de Madras, un peu de mercure a été signalé.

**Iles de la Sonde** [3]. — En 1868, on a découvert, dans l'île de *Bornéo* [4], d'importantes mines de mercure à *Tégora*, dans le district de Sarawak. Le cinabre y apparaît dans un argiloschiste, intercalé entre des bancs de sable, en masses irrégulières ou sur la surface de séparation des roches; il est accompagné de pyrites. Outre qu'on l'a trouvé en place sur le mont Tegora et à Gading (en ce dernier point avec de la stibine), le cinabre existe, dans cette île, dans le lit des fleuves et dans les alluvions.

En 1872, la production a été de 1 733 bouteilles; en 1875, de 1 505 bouteilles.

En 1880, on a exporté de *Sarawak* pour 342 965 francs de mercure (environ 2 000 bouteilles).

Dans les autres îles, on a trouvé du cinabre au voisinage de *Samarang*, dans l'île de Java et dans l'*Allahan Pandjang*, à Sumatra.

Un peu de mercure a été également rencontré aux *Philippines*.

[1] Coll. *Ecole des Mines*, 1677. — 1876. Munroe. *Trans. Am. Inst. Min. Eng.*, t. V, p. 299.
1875. Godfrey. *Quart. Journ. geol. Soc. London*, t. XXXIV, p. 555.
Becker, loc. cit., p. 47., et d'Achiardi, I, 118.

[2] Dickson, *Encyc. Brit.* (9e édit.), article Ceylan.
Becker, loc. cit., p. 47.

[3] 1874. Everett. Notes on the Distribution of the Useful Minerals in Sarawak.
1882. Mining journal, London, p. 415.
1883. Verbeck. Beschr. Sumattra's Westkust, p. 562.
1883. D'Achiardi : I metalli, p. 118.
1888. Becker, loc. cit., p. 48.

[4] Voir une carte de Bornéo, t. I, p. 32.

# GÎTES DE MERCURE DE CALIFORNIE

Les gisements de mercure de Californie présentent un exemple téressant de formation de cinabre post-miocène, peut-être même, partie, presque actuelle, en relation nette avec des phénomènes olcaniques et, particulièrement, avec des sources chaudes geysé-ennes, qui ont exercé, sur les terrains voisins, un métamorphisme rofond. Au point de vue minéralogique, ces mines sont caracté-sées par la présence, assez fréquente, du métacinabre accom-gnant le cinabre et par l'association de l'opale, du bitume et de pyrite avec le mercure.

Elles sont situées dans la chaîne des Coast-Range [1], qui longe la ôte de l'océan Pacifique et est, elle-même, séparée de la Sierra-levada par la vallée du Sacramento au Nord, par celle de San-oaquin au Sud. Leur alignement général est parallèle à celui de es deux chaînes, c'est-à-dire N. N.-O. S. S.-E. Les principaux ites de cinabre sont : du Nord au Sud, Sulphur Bank, Great restern et Great eastern, Redington, California, Manhattan, New-lmaden, New-Idria, etc.

**Géologie de la région.** — La géologie de la région a été étudiée par I. Becker, dont nous allons résumer les principales conclusions.

Les terrains représentés appartiennent au crétacé et au ter-iaire et ont subi un métamorphisme extrêmement intense, auquel l semble falloir attribuer, comme nous le verrons, la production e roches analogues à des serpentines, diorites, diabases, etc. Là ù ils n'ont pas été modifiés postérieurement, ces bancs présentent arfois des épaisseurs continues et homogènes de plusieurs cen-aines de mètres. On y distingue : l'étage de Knoxville (néocomien), elui de Chico (crétacé supérieur), celui de Tejon (éocène), etc. Ces errains paraissent reposer sur un soubassement de granite caché. 'examen microscopique montre, en effet, que les grès néocomiens ont formés, presque exclusivement, d'éléments granitiques, quartz, eldspath, biotite, cimentés par de la calcite. L'altération les a

[1] Voir la carte géologique d'Amérique, t. I, p. 73.

souvent rendus méconnaissables et, si les conclusions de M. Becker sont bien exactes, a produit des effets d'un grand intérêt pétrographique.

D'après lui, en effet, on peut, en suivant le processus de la décom-

Fig. 348. — Carte des gisements miniers (mercure, or, etc.), de Californie.

position sur divers échantillons de grès, voir s'y développer de l'augite, de l'hornblende, du plagioclase, etc. C'est ainsi qu'à la périphérie de grains de quartz, il se produirait des microlithes de plagioclase, toujours accompagnés de zoizite ; et ces divers minéraux,

à leur tour, non seulement l'augite et la hornblende, mais aussi le feldspath et le quartz, seraient, à son avis, sujets à une décomposition serpentineuse. Cet auteur considère ce métamorphisme comme s'étant produit, à une profondeur assez faible, lors des plissements qui ont suivi la fin du néocomien, par l'intervention d'eaux chaudes minéralisantes chargées de sels magnésiens et de silice et il remarque qu'il s'est formé là récemment toute la série de minéraux qu'on rencontre dans les schistes archéens.

Il distingue plusieurs termes parmi ces roches métamorphiques :

1° Les grès partiellement métamorphiques où, malgré un commencement de recristallisation, les éléments primitifs apparaissent encore au microscope ;

2° Les roches « granulaires métamorphiques », que le microscope permet de diviser en deux classes : pseudodiabases formées de plagioclase et d'augite (l'augite passant parfois au diallage), et pseudodiorites, où l'amphibole remplace l'augite. La glaucophane et parfois l'augite s'y développent ;

3° Les schistes à glaucophane ;

4° Les phtanites, ou schistes silicifiés, contenant, à l'occasion, des organismes microscopiques et toujours plus ou moins chargés de zoizite ;

5° Les serpentines qui, ici, ne paraissent pas résulter de la décomposition de roches à olivine[1], mais bien de grès serpentinisés.

A côté de ces terrains sédimentaires plus ou moins altérés, on a de véritables roches éruptives, granite, diabase, diorite, andésite, rhyolithe et basalte. Les andésites forment des variétés, l'une à pyroxène, hornblende rare et sans mica ; l'autre à pyroxène et mica noir, sans amphibole ; la troisième à hornblende ; ces variétés passent constamment de l'une à l'autre. Leur âge a pu être déterminé par rapport au pliocène d'eau douce de Clearlake. A côté d'elles existent des roches du type trachytique que M. Becker a proposé d'appeler aspérites (asper, trachus) et qui ont donné d'énormes masses d'obsidiennes près de Clearlake.

L'histoire géologique de la région serait la suivante :

Avant le crétacé, le massif de granite est émergé ; recouvert

[1] Il n'existe, dans la région, comme roche à olivine, qu'un pointement de gabbro.

par la mer à l'époque néocomienne, il fournit alors des sédiments considérables ;

Puis il se produit un grand plissement, accompagné de venues hydrothermales amenant le métamorphisme précédemment décrit.

Pendant le turonien, le rivage de la Californie semble avoir été très voisin du rivage actuel. Après quoi, la mer recouvre, de nouveau, une partie des Coast-Range et dépose les couches de Chico en discordance sur le néocomien métamorphisé et érodé. Aucun grand mouvement ne signale la fin du crétacé ; et l'éocène, puis le miocène se déposent normalement sur l'étage de Chico. Au contraire, la fin du miocène est signalée par une dislocation ; le peu de pliocène, généralement lacustre, qui existe en Californie, est discordant avec le miocène.

Les éruptions volcaniques ne paraissent avoir commencé qu'après la fin du miocène ; les andésites de Clearlake datent de la fin du pliocène ; le seul dyke de rhyolithe connu dans les Coast-Range, près de New-Almaden, est probablement plus récent.

Enfin les coulées de lave continuent pendant tout le pléistocène.

**Gîtes de mercure.** — Les *gisements de mercure* se présentent, sous une forme nettement filonienne, au milieu des terrains les plus divers, depuis le trias dans la Sierra Nevada jusqu'au tertiaire dans les Coast-Range. On a quelquefois tenté des divisions entre ceux situés dans les trachytes, les filons d'injection serpentineuse, les dépôts geysériens, etc. ; ces classifications ne correspondent qu'à des circonstances locales : le terrain encaissant ne paraît, en effet, avoir jamais joué qu'un rôle physique (suivant son degré de porosité plus ou moins grand) dans le dépôt mercuriel. D'une façon générale, le cinabre est accompagné de silice sous forme de quartz résinites ou opales résinoïdes dont la consolidation est antérieure à la sienne ; on trouve, en outre, avec lui, des substances bitumineuses et des pyrites. Nous décrirons successivement les principaux gîtes du Nord au Sud.

### SULPHUR BANK

Le cinabre n'a été rencontré à Sulphur bank qu'en 1874 ; il existe là, près de l'extrémité Sud-Est du lac Clear, une colline

qui, avant le début des exploitations, était recouverte d'une croûte épaisse de soufre natif : d'où son nom.

En 1873, on s'aperçut que ce soufre, dont on avait tenté vainement de tirer parti, recouvrait un important gisement de cinabre, qu'on se mit alors à exploiter à ciel ouvert.

Toute cette région porte l'empreinte de phénomènes volcaniques récents, coulées de lave, sources chaudes, lacs de borax, etc. Les terrains représentés sont surtout le néocomien avec quelques lambeaux, relativement peu disloqués, des couches de Chico et Téjon. Les premières éruptions paraissent s'être produites sous forme d'andésites pyroxéniques vers le début du pliocène ; puis sont venues des aspérites et enfin des basaltes, avec lesquels on croit que sources chaudes, borax, soufre et cinabre sont en relation.

Le sulphur bank lui-même est formé de coulées de basalte avec pépérites et traversé par de nombreuses sources chaudes sulfurées et carbonatées qui continuent à le métamorphiser. On y trouve souvent des noyaux de basalte résistants, arrondis et chargés d'opale, au milieu de parties tendres et terreuses. On suppose, dès lors, que la coulée basaltique a dû recouvrir des émanations chargées de sulfure de mercure, qui se sont fait jour à travers ses fissures en les incrustant et imprégnant la roche voisine. Il en est résulté un dépôt qui, à la surface, est formé de soufre, et plus bas, d'un mélange de soufre et de cinabre, de plus en plus chargé de cinabre.

Le minerai est assez pauvre (1 p. 100 de mercure en moyenne), mais abondant et d'une exploitation particulièrement facile. Le cinabre est généralement amorphe, finement divisé et relativement pur; on trouve, avec lui, de la pyrite, de la marcassite (parfois avec traces d'or et de cuivre), des matières bitumineuses, de la silice et de la calcite. Le cinabre est toujours intimement mélangé de soufre : ce qui constitue une certaine gêne pour l'exploitation. L'analyse de quelques minerais riches faite en France, à l'école des mines, a donné les résultats suivants :

| | MINERAI ROUGE | MINERAI GRIS AVEC SOUFRE NATIF |
|---|---|---|
| Hg S | 22,80 | 16,70 |
| S natif | Traces | 11,75 |
| Pyrite | 0,50 | 4,20 |
| $Fe^3 O^3$ | 5,60 | 6,30 |
| $Fe^3 SO^3$ | 10,10 | 7,10 |
| CaO $SO^3$ | Traces | 0,60 |
| Gangue de quartz | 52,00 | 46,00 |
| Eau | 9,00 | 7,35 |
| Totaux | 100,00 | 100,00 |

Les sources chaudes contiennent des carbonates, borates, chlorures de sodium, de potassium et d'ammonium, sulfures alcalins, etc.; elles sont susceptibles de dissoudre le cinabre sous une certaine pression ; et il est parfaitement possible qu'elles représentent la continuation du phénomène filonien, le cinabre ayant été précipité par une diminution de pression et de température en présence de l'ammoniaque.

A ce point de vue, on doit citer, dans le Nevada, comté de Washoe, des geysers en activité, appelés Steamboatsprings, qui déposent, aujourd'hui encore, de la silice poreuse avec soufre et cinabre.

En 1875, on considérait que le gisement pouvait contenir 660 000 tonnes de minerai; le prix de revient du minerai, rendu au four, était alors de 4 à 5 francs seulement. Sulphur bank a donné 10 995 bouteilles de mercure en 1877, 1 608 en 1890.

### DISTRICT DE KNOXVILLE (REDINGTON, CALIFORNIA, MANHATTAN, ETC.)

Le district de Knoxville est formé de terrains néocomiens, altérés ou non, à travers lesquels une éruption de basalte s'est fait jour. C'est là, d'après M. Becker, qu'on peut le mieux étudier le phénomène du métamorphisme et se rendre compte que la serpentine n'est pas une roche éruptive. On voit, par exemple, sur les deux flancs d'un même anticlinal, d'un côté les terrains non transformés et fossilifères, de l'autre ces terrains devenus des pseudodiabases,

pseudodiorites, etc. La serpentinisation se fait, dans les grès comme dans les roches à olivine, en partant de fissures. De nombreuses sources chaudes existent encore dans la région et des gaz sulfhydriques se dégagent au voisinage de certains gisements de mercure qui sont, par là, tout à fait comparables à ceux de Sulphur bank. De même, on y retrouve le cinabre associé avec de la silice, de la pyrite et des substances bitumineuses.

Les principales mines sont celles de Redington, Manhattan, California, etc.

A *Redington*, on connaît une masse considérable de quartz résinite, cinabrifère à son toit, au contact d'un grès crétacé, lui-même imprégné d'opale ; à 150 mètres de profondeur, un puits, foré dans cette résinite, a rencontré de la serpentine. On a exploité d'abord, dans la partie supérieure, une véritable bonanza contenant 2 à 3 p. 100 de cinabre avec une forte proportion de métacinabre. Au-dessous, on a constaté qu'il existait trois fractures nettes, dont deux remplies de cinabre et formant, par suite, de véritables filons d'incrustation mercurielle.

L'acide carbonique se dégage en abondance dans les travaux.

Redington a donné 505 de bouteilles de mercure en 1890.

Les mines de *California*, *Manhattan*, *Lake*, *Andalusia* sont, à l'exception de la dernière, abandonnées depuis quelques années. On y trouvait du métacinabre et de la stibnite.

### DISTRICT DE OATHILL, GREAT EASTERN ET GREAT WESTERN

La région de Oathill est très intéressante et contient de très nombreux gisements de cinabre. Les terrains, en partie métamorphisés et serpentinisés, appartiennent à la série néocomienne de Knoxville, comme le prouve la présence des Aucella. Il existe des andésites, des basaltes et des sources chaudes, dont l'une sort des travaux de la mine, aujourd'hui abandonnée, de Lidell. Le minerai forme habituellement des stockwerks : en deux points, au contact du basalte.

A *Oathill* même, on a de véritables filons recoupant les strates à 45°, avec accompagnement d'imprégnations à la rencontre de certaines strates. On y a trouvé un peu de barytine, minéral

également signalé à Almaden et qui n'existe, nulle part ailleurs, en Californie.

A *Great Western*, le cinabre, avec pyrite et quartz, se trouve au

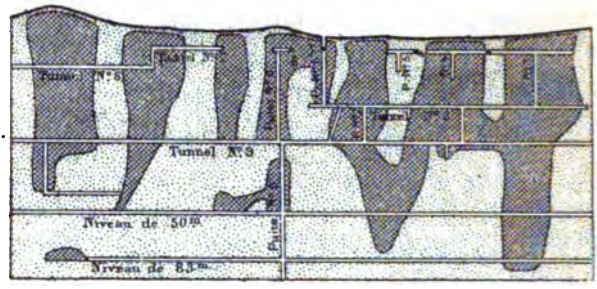



Fig. 349. — Coupe longitudinale de la mine de mercure de Great Western. Echelle, au $\frac{1}{1000}$.

(Les minerais ont été figurés par des hachures croisées.)

contact d'une serpentine opalinisée et d'un grès presque inaltéré, sous forme d'un réseau de veines.

A *Great Eastern* également, le cinabre, avec pyrite, quartz et bitume, se présente dans une serpentine noire et chargée d'opale.

## NEW-ALMADEN

La mine de New-Almaden a été la première et la plus productive des mines de Californie. Elle se trouve, ainsi que les petites mines voisines d'Enriquita et de Guadalupe, dans une ramification de la Santa-Cruz Range, ayant pour point culminant le mont Chisnantuc (537 mètres). On trouve là, au-dessus de schistes, jaspes et calcaires très métamorphiques de l'étage de Knoxville (néocomien), des grès miocènes et pliocènes. Un dyke de rhyolithe, le seul qu'on connaisse dans les Coast Range, recoupe le miocène.

Le cinabre imprègne, sous forme de stockwerks, les terrains métamorphiques, qui sont devenus des pseudodiabases, pseudodiorites et serpentines. Ces stockwerks, alignés dans leur ensemble le long de filons irréguliers, constituent des amas lenticulaires assez développés. Les deux principaux filons se réunissent en V

dans la profondeur. Les preuves d'une action mécanique, ayant produit la cassure, se traduisent par l'existence de brèches et d'argiles. Il y a souvent un toit bien défini, régulier et poli, formé de serpentines ou de schistes talqueux non cinabrifères.

Le cinabre est accompagné, comme dans toute la Californie, de silice, matières bitumineuses, pyrite et marcassite, avec un peu de chalcopyrite, de calcite et de dolomie.

Les travaux d'exploitation, commencés en 1841, sont très développés et renferment près de 50 kilomètres de galerie. Ils sont irréguliers. Le principal amas rencontré est celui de Great Santa Rita, qu'on a exploité de 1865 à 1868. Il était lenticulaire et presque horizontal ; il avait environ 90 mètres de longueur, 24 de largeur et 9 de puissance. La teneur moyenne en mercure y était de 25 p. 100 ; dans certaines parties, il y avait jusqu'à 60 p. 100 de mercure.

Cette mine a donné, en 1865, jusqu'à 1 637 tonnes de mercure en une année ; en 1874, elle passait pour épuisée, quand on y a retrouvé de nouvelles zones cinabrifères moins riches, mais plus régulières que celles exploitées précédemment. En 1877, elle a donné 815 tonnes ; 905 en 1881, 415 (12 000 bouteilles) en 1890. Sa production totale, qui est de beaucoup la plus forte de Californie, s'est élevée, jusqu'en 1891, à 916 359 bouteilles.

En 1876, les diverses catégories de minerai abattu et trié donnaient les résultats suivants :

| | | |
|---|---|---|
| Menus . . . . . | 11 | p. 100. |
| Pauvres. . . . . | 1,5 | — |
| Riches . . . . . | 9 à 10 | — |

Depuis, la teneur a été la suivante :

| | 1874 | 1875 | 1876 | 1877 | 1878 | 1879 | 1889 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Minerai riche. . . . . | » | 9,68 | 14,31 | » | » | » | » |
| Minerai pauvre . . . . | » | 0,5 à 2 | 0,5 à 2 | » | » | » | » |
| Teneur moyenne. . . . | 2,96 | 3,35 | 4,72 | 4,93 | 3,28 | 2,85 | 2,92 |

Deux tableaux ci-joints résument les principales données statistiques relatives à New-Almaden.

PRODUCTION ET PRIX DE REVIENT DE NEW-ALMADEN

| DÉPENSES Par bouteille ou flask de 76,5 pounds ou 34kg.65 | 1884 | | 1885 | | 1886 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Travaux de mine | | 72.5 | | 80,60 | | 94,50 |
| Y compris les travaux de recherche | 18,40 | | 26,50 | | 26,10 | |
| Fournitures | | 24,30 | | 30 | | 23,50 |
| Travaux au jour, bâtiments, entretien — Main-d'œuvre | | 13,70 | | 13 | | 16,10 |
| Travaux au jour, bâtiments, entretien — Matériaux | | 12, | | 12,90 | | 12,40 |
| Impôts, taxes et divers | | 7,80 | | 6,80 | | 7,20 |
| Total | | 130,30 | | 143,30 | | 153,8 |
| Revenus divers de la propriété | 6 | | 5,20 | | 8,30 | |
| Pertes de minerai dans les manipulations | 1 | | 3,30 | | » | |
| Différence | 5 | 5 | 1,90 | 1.90 | 8,30 | 8,30 |
| Prix de revient définitif — en francs | | Frcs. 135,30 | | Frcs. 145.20 | | Frcs. 167,10 |
| Prix de revient définitif — par kilo | | 3,25 | | 3,70 | | 4,50 |
| Production — minerai grillé | | 35 662 tonnes. | | 35 580 tonnes. | | 36 629 tonnes. |
| Production — mercure | | 20 000 flasks ou 692 000 kilos. | | 21 400 flasks ou 471 510 kilos. | | 18 000 flasks ou 623 700 kilos. |
| Teneur moyenne | | 1,90 p. 100 | | 2, 03 p. 100 | | 1,66 p. 100 |
| Production totale de New-Almaden de juillet 1850 au 31 décembre 1886 | 853 359 bouteilles (flasks) ou 29 568 889 kilos de mercure. | | | | | |

STATISTIQUE DE NEW-ALMADEN

| ANNÉES | PRODUCTION de mercure en flasks | PRIX de vente du flask | PRIX de revient du flask | PRODUIT net par flask | PRODUIT net total | MINERAI extrait | TENEUR moyenne |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Francs | Francs | Francs | | | |
| 1871 | 18 568 | 101,20 | 93,70 | 67,50 | 238 742 | 10021 t. | 6,44 p. 100 |
| 1872 | 18 574 | 244,30 | 118,10 | 126,20 | 451 759 | 9645 — | 6,63 — |
| 1873 | 11 042 | 350,80 | 148,60 | 202,20 | 428 503 | 12242 — | 4,87 — |
| 1874 | 9 084 | 513,20 | 228,20 | 285,00 | 499 243 | 16704 — | 2,96 — |
| 1875 | 13 648 | 258,40 | 174,70 | 83,70 | 218 704 | 15667 — | 3,35 — |
| 1876 | 20 549 | 197,50 | 101,00 | 96,50 | 381 007 | 15195 — | 4,69 — |
| 1877 | 23 996 | 171, | 87,40 | 83,60 | 376 668 | 16686 — | 4,93 — |
| 1878 | 15 852 | 159,50 | 106,00 | 53,50 | 132 969 | 16496 — | 3,28 — |
| 1879 | 20 514 | 142,10 | 113,90 | 28,20 | 112 094 | 18944 — | 2,85 — |
| 1880 | 23 465 | 149,20 | 95,80 | 53,40 | 242 118 | 21419 — | 2,92 — |
| 1881 | 26 060 | 144,60 | 61,40 | 83,20 | 415 103 | 30434 — | 3,11 — |
| 1882 | 28 070 | 141. | 92,10 | 48,90 | 264 139 | 30795 — | 2,98 — |
| 1883 | 29 000 | 134,80 | 83,30 | 51,50 | 287 687 | 36979 — | 2,87 — |
| 1884 | 20 000 | 151,70 | 124.80 | 26,90 | 103 578 | 35341 — | 1,93 — |
| 1885 | 21 400 | 150,70 | 142,10 | 8,60 | 37 413 | 33855 — | 2,07 — |
| 1886 | 18 000 | 181,50 | 150,80 | 30,70 | 105 444 | 34187 — | 1,69 — |
| Totaux. | 31 7822 | 182 | 111,80 | 70,20 | 4 295 180 Le flask = 34 kg.65 | 364610 — | 3,07 — |

## NEW-IDRIA

La mine de New-Idria est située au Sud du mont Diablo. Cette montagne est formée, dans sa partie haute, de terrains néocomiens (Knoxville) métamorphiques. Sur le flanc Nord reposent des terrains de Chico et Tejon, inclinés à environ 45° et discordants sur le néocomien. La base de l'étage de Chico renferme même des galets arrondis de néocomien. Les étages de Chico et Téjon sont très fossilifères et celui de Téjon contient une couche de houille qu'on a commencé à exploiter. La région ne présente pas de laves, mais il y existe une coulée importante de basalte et des sources sulfureuses froides.

Le gisement de New-Idria a été, après celui de New-Almaden, le plus productif de Californie (131 266 bouteilles de l'origine à 1890). En 1890, il n'a plus produit que 977 bouteilles. Le minerai s'y trouve à l'état de stockwerks, de veines et d'imprégnations complexes dans les couches néocomiennes; sur quelques points seulement, dans les couches de Chico. Il présente l'association habituelle de cinabre, pyrite et quartz avec matières bitumineuses. Le métacinabre a été trouvé abondamment dans le filon de New-Hope.

## AUTRES GÎTES DE MERCURE DES ÉTATS-UNIS

Quelques autres gîtes de mercure de l'Amérique du Nord méritent une mention pour des particularités minéralogiques.

A *Manzanita*, dans le comté de Colusa, le cinabre, avec quartz, pyrite et soufre, est accompagné d'or natif. Cette association de l'or et du mercure se rencontre en plusieurs autres points, en particulier dans des veines quartzeuses des champs aurifères de Californie.

Ailleurs, dans la mine d'argent de Barcelone, Belmont, Nev et dans celle de Calistoga, Cal, le cinabre accompagne l'argent.

Dans les mines de Stayton, comté de San Benito, le cinabre se trouve avec de la stibine; enfin, dans l'Utah, à Maupville, on a exploité, en 1887, un dépôt de séléniure de mercure (tiemannite).

**Données économiques.** — Les mines de mercure de Californie, comme nous avons déjà eu l'occasion de le dire[1] se sont rapidement épuisées. Nous donnons, ci-joint (page 723), le tableau détaillé de leur production dans ces dernières années. En 1889, le rendement moyen du minerai extrait et traité dans 11 usines (86 000 tonnes) a été de 1,088 p. 100. La dépense par bouteille a été de 170 francs.

*Bibliographie.*

1865. Geological Survey of California. (*Annual report.*)

1878. Blake. — Sur les gisements de cinabre en Californie et au Nevada. (*Bull. Soc. minéral.*)

1876. Gröger. — Zum Vorkommen des Quecksilbererzes. (*Verh. d. K. R.*)

*1878. Rolland. — Les gisements de mercure de Californie. (*Bull. Soc. min.*, n° 6, et *Ann. d. M.*, sept. 1878.)

1885. Wilkinson. — Occurrence of native mercury in the Alluvium in *Louisiane*. (*Am. J. of Sc.*, 3e série, t. XXIX, p. 280. New-Haven Conn. U. S., 1885.)

* 1888. Becker. — Geology of the quicksilver deposits of the pacific slope. (*Monographs of the U. S. Geological Survey*, t. XIII, p. 486. Washington.)

## GÎTES DE MERCURE DU MEXIQUE, DE L'AMÉRIQUE DU SUD ET DE L'OCÉANIE

**Mexique**[2]. — Le Mexique, qui est un des pays où la production d'argent est la plus forte, aurait eu le plus sérieux intérêt à extraire lui-même le mercure nécessaire à l'amalgamation. Aussi y a-t-on, depuis longtemps, recherché les moindres gisements de cinabre. On en connaît, en effet, un certain nombre, mais dont aucun n'a, jusqu'ici, de véritable importance industrielle. La plupart sont caractérisés par une association du mercure et de l'antimoine, analogue à celle que nous avons déjà signalée en Bosnie, en Serbie, dans le Palatinat, etc.

A *San' Onofrio* et à *Guadalcazar* les minerais sont situés dans des calcaires crétacés, et on y trouve plusieurs espèces qui ont

[1] Page 666.

[2] Davies, p. 280. — Sandberger : Sitz. b. d. Ak. d. Wiss. zu München, 1876, 2,202. — D'Achiardi, I, 119.

## PRODUCTION DE MERCURE EN CALIFORNIE

(EN FLASKS, OU BOUTEILLES, DE 34k,65)

| MINES | 1877 | 1878 | 1879 | 1880 | 1881 | 1882 | 1883 | 1884 | 1885 | 1886 | 1887 | 1888 | 1889 | 1890 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| New-Almaden . . . . . | 23 996 | 15 852 | 20 514 | 23 465 | 26 060 | 28 070 | 29 000 | 20 000 | 21 400 | 18 000 | 20 000 | 18 000 | 13 100 | 12 000 |
| Aetna and napa consolidated . . . . . | 2 229 | 3 049 | 3 605 | 4 416 | 5 552 | 6 842 | 5 890 | 2 931<br>1 376 | 3 506 | 5 347 | 5 574 | 5 024 | 4 590 | 3 427 |
| Sulphur Bank. . . . . | 10 993 | 9 465 | 9 249 | 10 442 | 11 152 | 5 014 | 2 612 | 890 | 1 296 | 1 449 | 1 490 | 2 164 | 2 283 | 1 608 |
| Great Western. . . . . | 5 856 | 4 963 | 6 333 | 6 706 | 6 241 | 5 179 | 3 869 | 3 292 | 3 469 | 1 949 | 1 446 | 625 | 556 | 1 334 |
| New-Idria. . . . . | 6 316 | 5 138 | 4 425 | 3 209 | 2 775 | 1 953 | 1 606 | 1 025 | 1 144 | 1 406 | 1 890 | 1 320 | 980 | 977 |
| Great Eastern . . . . . | 505 | 1 366 | 1 455 | 1 279 | 1 005 | 2 124 | 1 669 | 332 | 446 | 725 | 689 | 1 151 | 1 345 | 1 046 |
| Redington. . . . . | 9 399 | 6 686 | 4 516 | 2 139 | 2 194 | 2 171 | 1 894 | 881 | 385 | 409 | 673 | 126 | 812 | 505 |
| Guadalupe . . . . . | 6 241 | 9 072 | 15 540 | 6 670 | 5 228 | 1 138 | 84 | 1 179 | 35 | » | » | » | » | » |
| Mines diverses. . . . . | 13 861 | 8 269 | 8 047 | 1 600 | 584 | 241 | 101 | 7 | 392 | 786 | » | » | » | » |
| *Total en flasks* (de 34k,65). | 79 396 | 63 880 | 73 684 | 59 926 | 60 851 | 52 732 | 46 725 | 31 913 | 32 073 | 29 981 | 33 997 | 33 250 | 26 484 | 22 926 |
| | Dollars | Dollars | Dollars | Dollars | Dollars | Dollars | Dollars | Dollars | Dollars | Dollars | Dollars | Dollars | Dollars | Dollars |
| Prix minimum du flask . . | 30,60 | 29,85 | 25,25 | 27,55 | 27,90 | 27,35 | 26,00 | 26,00 | 28.50 | 32,00 | 36,00 | 36,00 | 40,00 | 47,00 |
| Prix maximum . . . . . | 44,00 | 35,95 | 34,45 | 34,45 | 31,75 | 29,10 | 28,50 | 35,00 | 32,00 | 39,00 | 50,00 | 47,00 | 50,00 | 58,00 |
| Prix moyen. . . . . | 37,30 | 32,90 | 29,85 | 31,00 | 29,80 | 28,25 | 27,25 | 30,50 | 30,25 | 35,50 | 43,00 | 41,50 | 45,50 | 52,00 |
| *Valeur totale en francs* . | 15 390 000 | 10 910 000 | 11 430 000 | 9 660 000 | 9 400 000 | 7 800 000 | 6 600 000 | 5 000 000 | 4 950 000 | 5 500 000 | 7 242 000 | 7 100 000 | 6 050 000 | 6 400 000 |

précisément tiré leur nom de ces localités, où elles ont donné lieu fréquemment à de singulières pseudomorphoses (Guadalcazarite, Hg, Zn, S, etc...).

A *Huitzuco*, dans la province de Guerrero, suivant une notice communiquée à Sandberger par F. Velten et J. Lehmann, on trouve le cinabre pseudomorphosant de la stibine, et, à environ 178 kilomètres de *Sinalao*, à Guerrero, on a découvert d'importants dépôts de deux minerais, contenant : l'un du mercure, du soufre et de l'antimoine; l'autre, de l'oxyde d'antimoine, du mercure et de la silice avec une teneur de 10 à 14 p. 100. Ce dernier minerai provient vraisemblablement d'une altération du premier, qui paraît correspondre lui-même à la livingstonite de Huitzuco (livingstonite $= Hg^m Sb^2 S^{m+3} + {}^3 + {}^3 Fe S^7$).

Enfin, le cinabre forme des veines et est relié à une argile dérivant de l'altération d'un porphyre, à *Loma de Encinal*, et on a entrepris l'exploitation d'un riche dépôt près de *Maltrata*.

Des gisements de cinabre ont été encore signalés dans le district de Sierra Gorda (Guanajato); près de Guadalcazar et de Charcas (San Luis Potosi), non loin de Guadalupe de los Reyes, etc., tous au voisinage des gîtes d'argent.

**Colombie** [1]. — M. Hawkins a trouvé des globules de mercure natif dans une argile près de la ville de Cruces, dans l'isthme de Panama. Il a également rencontré du cinabre près de la rivière Magdalena, dans l'état de Tolima. Humboldt signale la présence du mercure dans la province d'Antioquia, vallée de Santa-Rosa.

**Equateur** [2]. — Près de la ville d'Azogue, le cinabre se présente en veines dans des grès anciens.

Entre ce point et Cuenca, où l'on exploite également le mercure, des fragments de cinabre ont été trouvés, avec de l'or, dans des alluvions. Des gisements semblables à ceux d'Azogue se trouvent près de la ville de Loja.

[1] Becker, loc. cit., p. 19.

[2] Webster. *Encyc. brit.*, article *Ecuador*.
Becker, loc. cit., p. 20.

**Pérou (Huancavelica, etc...)**[1]. — Le Pérou a été autrefois un des centres principaux de production du mercure dans le monde.

Si nous prenons les dépôts du Nord au Sud en continuant à suivre la chaîne des Andes, nous rencontrons, d'abord, au Nord, *Chonta*, dans les Andes occidentales, près de la frontière de l'Equateur. D'après M. Bugdoll, le minerai, accompagné de pyrite, imprègne des grès paléozoïques.

Dans les montagnes de Santa Apolonia, *près de Cajamarca*, des globules de mercure natif se trouvent dans un trachyte. Des échantillons, provenant de ce point, ont figuré à l'Exposition universelle de 1878.

Dans la province d'*Ancachs*, quelques veines de cinabre sont accompagnées de sulfures divers, galène, blende, pyrite et cuivre gris. L'une des principales mines, celle de Santa Cruz, près de Caraz, a été arrêtée par des émanations d'acide carbonique.

Dans le district de *Yauli*, à 75 milles au N.-E. de Lima, dans une vallée des Andes, des sources chaudes, qui traversent des schistes et des grès, déposent une quantité considérable de soufre. On a trouvé là des veines de quartz contenant du cinabre et de la pyrite.

Enfin, sur le flanc Est de la chaîne occidentale des Cordillères, se trouve le district, autrefois célèbre, d'*Huancavelica*. D'après M. Crosnier, le terrain est formé de roches jurassiques, redressées presque verticalement et dirigées N.-E. Ce sont des schistes, grès et calcaires traversés par des trachytes.

Au voisinage de la ville, il existe beaucoup de sources chaudes.

La mine la plus importante était Santa Barbara, tout près de Huancavelica ; mais il y a, en outre, plus de 40 points où l'on rencontre du mercure.

Le gisement de Santa-Barbara consiste en imprégnations de mercure, surtout dans un grès. Quelques observateurs avaient

[1] 1848. Rivero. Memoria sobre Huancavelica. Lima.
1852. Crosnier. (*Ann. d. M.*, 5e série, t. II, p. 37.)
1862. Bugdoll. Zeitschrift prussien, t. II, p. 391.
1876. Babinski. Informa sobra el Cerro de Pasco.
1879. von Rath. Naturwis, Studien. Bonn, p. 372.
1883. Du Chatenet. Explotacion de los minerales de Ancachs. (*Anales constr. civ. y minas Peru*, t. III, p. 3.)
1888. Becker, loc. cit., p. 20.

parlé uniquement de filons. Humboldt indique des couches et des filons. En réalité, il paraît exister, à Santa Barbara, des couches imprégnées dans leur masse et, ailleurs des stockwerks, formés d'un système de veines réticulées. L'imprégnation est évidemment en relation avec la dislocation qui a bouleversé les couches jurassiques.

En dehors de la pyrite, des corps arsenicaux, tel que le mispickel et le réalgar, sont très abondants; Humboldt dit même que, dans les bancs inférieurs, l'arsenic devenait tout à fait prépondérant; il signale, comme élément accessoire, la galène. La gangue est formée de calcite et barytine.

Le district de Santa-Barbara a été découvert en 1566, par Enrique Garcés, mais il paraît avoir été connu longtemps auparavant par les Péruviens. Aujourd'hui encore, dans le Nord du Chili, d'après M. Perez Rosales [1], les Indiens savent distiller le mercure nécessaire aux mines de métaux de la région.

Von Rath signale enfin, au Sud du Pérou, dans le département de Puno, à Ayaviri, du mercure natif trouvé dans les pores d'un trachyte.

**Bolivie** [2]. — En Bolivie, du mercure a été fréquemment rencontré, associé à des minerais d'argent.

**Chili** [3]. — Dans le Chili, la mine de mercure de *Punita* est, d'après M. Crosnier, dans le granite. Près de la ville de *Chili*, on a trouvé des dendrites de cinabre dans du quartz. Enfin, à *Arqueras*, dans le désert d'Atacama, un amalgame d'argent constitue le principal minerai d'argent exploité.

**République Argentine** [4]. — Au N.-O. de la République Argen-

[1] Essai sur le Chili, 1857, p. 66.

[2] Philipps. Ore deposits, p. 620.
Becker, loc. cit., p. 23.

[3] Crosnier. (*Ann. d. M.*, 50, t. II.)
Nöggerath.
1863. Domeyko. Substance rouge accompagnant le mercure au Chili. (*Ann. d. M.*, 6e, t. V, p. 461.)
Becker, loc. cit., p. 21.

[4] 1885. Stelzner. Geol. und. Pal. Arg. Rep., 1885, p. 245.
1888. Becker, loc. cit., p. 23.
1889. Hoskold. Mém. génér. sur les mines de la Rép. Argentine.

tine, près du Chili, dans la province de Jujuy, la région de la *Rinconada* contient, avec beaucoup de quartz aurifère, un peu de cinabre dans des schistes siluriens.

**Brésil** [1]. — Le Sud du Brésil renferme des gisements de cinabre mal connus. D'après Eschwege, le cinabre se trouverait dans des alluvions aurifères d'Ouropreto. M. Derby considère que le fait est loin d'être démontré. En tout cas, le mercure n'a jamais été exploité au Brésil.

**Australie** [2]. — En 1875, le Rev. W. B. Clarke a signalé la présence du cinabre en Australie et en Nouvelle-Zélande, mais seulement à l'état de mouches sans importance qu'il considère comme produites par des sources chaudes analogues à celles de Californie.

Depuis cette époque, un peu de mercure a été extrait à Cudgegong (Nouvelle-Galles du Sud) et à Kilkivan près de Maryborough en Queensland.

Noggerath indique aussi un gisement assez intéressant de cinabre cristallisé dans une veine d'or de Bendigo County, province de Victoria.

**Nouvelle-Zélande** [3]. — Le mercure existe, dans la Nouvelle-Zélande, au S.-E. du lac d'Omapere, près de la baie d'Island. En 1870, M. Hutton a visité ce point et y a trouvé de nombreuses sources chaudes, dont deux, accompagnées de dépôts de mercure natif et de cinabre imprégnant des grès. Il y découvrit également une veine contenant du métacinabre noir minéral qui a été depuis

[1] 1832. Eschwege. Beiträge zur Gebirgskunde Brasilien, p. 283.
1865. Bosquet. *Bul. Soc. geogr.*, 5e, t. IX, p. 528.
1878. Broadhead. Rept. Phil. Internat., t. III, p. 494.
1886. Gomes. Commercial and emigrational guide to Brazil.

[2] 1875. Clarke. Mines and mineral Statistics of New South Wales Sydney, p. 201.
Annual report of the dep. of Min. New South Wales.
De Cortazar.
Acton. *Encycl. Brit.*, article *Australia*.
Becker, loc. cit., p. 84.

[3] 1870. F.-W. Hutton. On the occurrence of native mercury near Pakaraka, Bay of *Island*. New. Zealand. (*Transactions and Proceedings of the Institute N. Z.*, t. III, p. 252. Wellington, 1870.)
1874. Hector. Rept. geol. Explorations.
1888. Becker, loc. cit., p. 49.

retrouvé en Californie, à Huitzuco au Mexique, dans le Palatinat, etc.

Un peu d'hydrocarbure était en relation avec ce mercure.

En un point voisin, M. Hector a rencontré postérieurement des sources chaudes, sortant de l'extrémité d'une coulée de laves et déposant un grès brun qui englobe des fragments des plantes voisines ; du cinabre et du mercure étaient contenus dans ce grès.

L'intérêt de ces deux gisements est, d'ailleurs, purement scientifique.

### *Bibliographie générale du mercure.*

*1862. Nöggerath. — Sur le mercure dans le monde. (*Z. f. B. u. S. im preuss. St.*, t. X, p. 386.)

1874. Jannetaz. — Sur le mercure métal. trouvé dans les terrains récents. *B. S. G.*, 3e, t. II, p. 416.)

1876. Gröger. — Zum Vorkommen des Quecksilbers. (*Vech. d. K. K. geol. Reichs. Wien.* 3, 3, 60.)

1883. d'Achiardi. — I metalli, loro minerali e miniere, t. I, p. 100.

1888. Becker. — Geology of the Quicksilver deposits of the Pacific slope. Washington, 1888.

# ARGENT

Ag; Eq = 108. — P. at = 108.

## USAGES ET STATISTIQUE

**Usages.** — L'argent se distingue des autres métaux par un certain nombre de propriétés, qui expliquent ses usages multiples et bien connus : sa blancheur, sa faculté de recevoir un beau poli, sa malléabilité et sa ductilité qui ne sont surpassées que par celles de l'or, son peu d'affinité pour l'oxygène, qui fait qu'il ne s'altère à l'air que par l'action de l'acide sulfhydrique, etc.

Rarement, il est employé à l'état de pureté ; ses principaux *alliages* sont ceux qu'il forme avec le cuivre : alliages plus durs et moins altérables que l'argent lui-même, utilisés dans les deux grandes et essentielles applications de l'argent : les monnaies et les objets d'orfèvrerie. Rappelons la composition des principaux, telle qu'elle est fixée en France par la loi.

| | Argent | Cuivre | Tolérance |
|---|---|---|---|
| Monnaies . . . . . | 900 | 100 | $\frac{2}{1.000}$ |
| Médailles . . . . . | 950 | 50 | $\frac{2}{1.000}$ |
| Vaisselle et argenterie . . . . . | 950 | 50 | $\frac{5}{1.000}$ |
| Bijouterie et vaisselle au deuxième titre . . | 800 | 200 | $\frac{5}{1.000}$ |

On sait que la fabrication de ces alliages est soumise, dans la plupart des pays, à un contrôle rigoureux.

Indépendamment des alliages, on utilise l'argent pour l'argenture galvanique, l'argenture des glaces, etc.[1].

**Du rôle de l'argent comme monnaie. Le bimétallisme**[2].— Par suite de son emploi comme *monnaie*, l'argent joue un rôle très spécial; car il devient un instrument d'échange et de circulation, en même temps qu'il reste une marchandise ordinaire. En tant que marchandise, il est sujet à toutes les fluctuations résultant de la loi économique de l'offre et de la demande, et, de fait, son prix a été presque constamment en s'abaissant depuis le [XVI[e] siècle, comme nous le dirons bientôt; en tant qu'instrument d'échange, on a longtemps essayé de lui assigner artificiellement une valeur fixe : autrement dit, de régler par une loi le rapport de sa valeur à celle de l'or. C'est une question qui touche aux problèmes complexes du bimétallisme et que nous ne pouvons songer à développer ici, mais dont nous devons cependant indiquer les éléments.

Nous venons de parler des *variations de la valeur de l'argent.* On peut en résumer, à grands traits, l'histoire de la façon suivante :

Assez abondant en Europe pendant l'antiquité, l'argent en disparut progressivement durant le moyen âge, exporté dès lors, comme il a continué à l'être constamment depuis, vers l'Asie, l'Inde, la Chine, etc.[3]. Au commencement du XV[e] siècle, les mines d'Europe en produisaient à peine quelques millions. Un peu plus tard, avant la découverte du Pérou au début du XVI[e] siècle, un kilogramme d'argent fin valait, en moyenne, 321 francs; de 1521

[1] On peut diviser la consommation de l'argent en quatre branches : consommation des arts et de l'industrie, exportation vers l'Orient, accroissement du stock monéraux et frai.

[2] Voir, sur cette question :
Horton. — *Silver and gold.*
Sœtber. — *Materialen.*
1890. Ottoman Haupt, *la hausse de l'argent.*
1891. Laveleye, *la monnaie et le bimétallisme.*

[3] Une proportion très forte de l'argent produit dans le monde va en Asie, où elle est convertie en bijoux, en idoles, et disparaît au sein d'une population de 300 millions d'hommes aux Indes, 400 millions en Chine, sans reparaître jamais, au moins jusqu'ici, dans la circulation occidentale. La balance du commerce, toujours favorable à l'extrême Asie, qui a moins besoin de nos produits que nous des siens, en est une explication suffisante.

à 1540, le prix s'abaisse à 306,17 ; puis il diminue progressivement après la découverte des mines de Potosi (Hatun Potocchi) en Bolivie et du procédé d'amalgamation à froid, trouvé par un mineur de Pachuca nommé Médina. De 1581 à 1600, on cote 291,35 ; de 1621 à 1640, 245 fr. 68 ; de 1661 à 1760, 230 ; puis le prix remonte un peu pour redescendre bientôt[1]. De 1841 à 1850, nous trouvons 217 fr. 28. Enfin, à partir de 1860, voici les cours du marché de Londres :

VALEUR DE L'ARGENT PAR KILO, A LONDRES, DE 1860 A 1893

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1860 — 226 | 1869 — 221,70 | 1878 — 192 | 1887 — 163 |
| 1861 — 223 | 1870 — 222 | 1879 — 189,50 | 1888 — 157 |
| 1862 — 225 | 1871 — 222 | 1880 — 192 | 1889 — 156 |
| 1863 — 226 | 1872 — 221,50 | 1881 — 190 | 1890 — 170 |
| 1864 — 222,5 | 1873 — 217 | 1882 — 189 | 1891 — 160 |
| 1865 — 222,5 | 1874 — 213,20 | 1883 — 185 | 1892 — 125 |
| 1866 — 222 | 1875 — 207 | 1884 — 184,50 | |
| 1867 — 221,80 | 1876 — 193 | 1885 — 176,50 | |
| 1868 — 221 | 1877 — 200 | 1886 — 166,50 | |

Cette diminution progressive n'a pas été sans quelques retours en arrière, dont le principal s'est produit de 1850 à 1860, après la découverte successive des gisements d'or de Californie et d'Australie, découverte qui amena une baisse notable de l'or.

Pour notre pays notamment, l'or, qui était sorti peu à peu pendant tout le commencement du siècle, faisait prime, avant 1850 ; la circulation se composait, alors, presque exclusivement de pièces d'argent[2]. A ce moment, le Nouveau-Monde ne fournissait qu'une faible quantité d'or : 14 000 kilogrammes environ, auxquels il fallait ajouter, pour la Russie, 6 000 kilogrammes en 1830,

[1] *Nature*, 13 décembre 1890 — cf. Sœtbeer : *Materialen ;* et Laveleye : *le Bimétallisme*, p. 155.

La cote de l'argent en lingots se fait souvent en pence par once standard : on la convertit alors en francs par kilogramme en multipliant par le facteur 3,646. D'autres fois, on indique la perte pour mille (actuellement 365), sur le cours, légalement déterminé, en France, par le rapport de 15 1/2 avec l'or : cours qui est, en Angleterre, de 60 7/8 pence par once.

[2] L'Angleterre également, pour soutenir la guerre contre la France de 1793 à 1815, avait dû recourir au papier-monnaie. Ce n'est qu'en 1821 que recommença, dans ce pays, le remboursement régulier et définitif des billets avec une encaisse métallique de près de 300 millions de francs d'or.

12 000 kilogrammes en 1841. Presque subitement, cette production de 26 000 kilogrammes fut portée à 200 000 (en 1865) : 83 000 pour l'Amérique du Nord, 118 000 pour la Russie et l'Australie, tandis que la production de l'argent augmentait seulement d'un tiers, passant de 900 000 kilogrammes à 1 200 000. Il en résulta quelques années d'inquiétude, où les pays européens songèrent sérieusement à se défendre contre un drainage de l'argent qui s'exportait de plus en plus en Asie et où l'on proposa d'abaisser le titre des monnaies d'argent[1]. La mesure n'ayant pas été adoptée en France, l'or y remplaça l'argent dans la circulation et, pendant le second empire, on monnaya 6 milliards 152 millions d'or contre 625 millions en argent, tandis que, sous le règne de Louis-Philippe, on n'en avait frappé que 216 millions contre un milliard 737 millions d'argent.

Mais, depuis lors, la dépréciation de l'argent a repris son cours et s'est accentuée de plus en plus. Les causes en sont multiples, mais viennent, pour la plupart, de ce que l'Amérique, par suite de la découverte successive des mines du Nevada, du Colorado, de l'Utah, du Montana, de l'Arizona, etc.., jette, sur le marché, des quantités de plus en plus fortes de métal blanc, alors que la production d'or est loin d'augmenter en proportion. Cette baisse, ayant commencé, s'est trouvée accentuée par les craintes mêmes qu'elle a causées et qui ont fait, en 1870, abandonner la monnaie d'argent en Allemagne, puis, en 1876, suspendre le monnayage de l'argent en France, Italie, Belgique et enfin, dans les pays d'Orient, absorber une proportion d'argent moindre qu'auparavant.

Il faut ajouter que la commodité, beaucoup plus grande, de l'or le fait rechercher toujours davantage par les peuples civilisés.

Si cette baisse atteignait un métal quelconque, comme celle qui s'est produite pour le plomb par exemple, elle suivrait son cours normal et il en résulterait seulement, peu à peu, une diminution de la production surabondante, par suite de la fermeture d'un cer-

[1] En Belgique et en Hollande notamment, pour se protéger contre l'invasion de l'or qu'on redoutait, on cessa de l'admettre dans les caisses publiques.

tain nombre de mines, jusqu'à ce que l'équilibre se fût rétabli. Mais le commerce de l'argent se trouve absolument faussé dans son développement naturel par le fait que la loi a eu la prétention d'intervenir pour régler à jamais la valeur réciproque de ces deux marchandises spéciales, qui sont l'or et l'argent[1]. On favorise l'une au détriment de l'autre : d'où les difficultés auxquelles se heurtent, depuis quelques années, tant les Etat-Unis comme producteurs d'argent, que les pays de l'Union latine (France, Italie, Belgique) comme monnayeurs et consommateurs d'argent, ou même l'Angleterre comme créancière de l'Inde, qui garde la monnaie d'argent, tandis qu'elle-même a adopté, depuis 1816, la monnaie d'or.

Ceci nous amène à rappeler les lois qui régissent la *monnaie*.

La monnaie étant définie un instrument qui, dans les échanges, sert de mesure et, par lui-même, est un équivalent, la logique aurait exigé que cet instrument de mesure fût unique. On voulait qu'il eût une valeur propre, qu'il fût inaltérable, toujours identique à lui-même, indéfiniment divisible, qu'il eût un prix très élevé sous un petit volume et, en même temps, très constant : on pouvait choisir entre l'or et l'argent ; on a préféré autrefois les adopter tous deux ensemble et fixer, entre eux, un rapport artificiel (aujourd'hui, en France, de 15 et demi). Le rapport réel entre les deux métaux ayant varié, il en est résulté que la monnaie, soit d'or, soit d'argent, par l'influence mystérieuse d'un certain signe représentatif imposé par l'État, avait une valeur absolument différente

[1] La thèse des bimétallistes, notamment de M. Laveleye (la monnaie et le bimétallisme international, 1891) est, en résumé, que l'activité industrielle et, par suite, la richesse d'un pays sont proportionnelles à la quantité de numéraire qui y circule. L'or étant déjà et devant devenir de plus en plus insuffisant, tant par l'épuisement des mines (sur lequel nous reviendrons), que par les besoins des pays neufs, il y a intérêt à lui adjoindre l'argent ; la valeur de l'ensemble des deux métaux réunis présentant, d'ailleurs, l'avantage d'être beaucoup plus constante que celle de chacun d'entre eux séparément. La question serait discutable si l'on pouvait admettre la possibilité d'une entente universelle et perpétuelle entre tous les pays du monde pour l'adoption d'un rapport constant entre l'or et l'argent. Comme cette entente est évidemment impossible, il doit arriver fatalement qu'un métal sera recherché de préférence à l'autre et que le rapport, réglé par la loi dans un certain nombre de pays, variera en réalité dans l'ensemble du monde. Il n'y a donc pas plus de raison pour essayer de fixer la valeur de l'argent par rapport à l'or que celle du cuivre, par exemple : ce qui pourrait être proposé également pour augmenter la somme de numéraire.

de celle du lingot. Il y a là une anomalie que certains pays ont fait disparaître en adoptant un étalon unique, malheureusement ici l'un, ailleurs l'autre : l'or en Angleterre depuis 1816, puis en Portugal, dans l'Union américaine, en Allemagne, dans les Etats scandinaves, en Hollande; l'argent dans l'Inde, la Chine, le Japon, la République Argentine, etc... D'autres pays, comme la France, ont conservé le double étalon; mais, pour se préserver de l'invasion du métal déprécié (actuellement l'argent), ont suspendu son monnayage[1] : mesure insuffisante qui ne peut empêcher le retour de toutes les pièces d'argent nationales parties à l'étranger, l'invasion des pièces protégées par l'Union latine ou même l'arrivée de pièces identiques à celles-là, comme poids et comme titre, de véritables fausses monnaies, impossibles à reconnaître et à refuser, qu'on frapperait ailleurs avec un bénéfice de 36 p. 100.

L'histoire des mesures prises, depuis plusieurs siècles, par les divers Etats pour garantir leur stock, soit d'or, soit d'argent, contre les spéculations résultant de sa hausse serait curieuse à faire.

Dans les temps anciens, où les oscillations étaient faibles, le moyen adopté était généralement assez simple : on refondait les pièces devenues trop chères pour les refrapper à un titre moindre: il en résultait, chaque fois, un bénéfice que l'Etat ne négligeait pas[2].

Dans notre siècle, l'Angleterre a adopté une solution plus radicale en démonétisant l'argent : c'est-à-dire que les pièces d'argent n'y jouent plus qu'un rôle effacé et subalterne comme monnaie d'appoint, comme *billon*, reçu seulement dans les payements jusqu'à concurrence de 50 francs, de même qu'en France les pièces de cuivre et les pièces d'argent autres que celles de 5 francs.

Cette solution, on a proposé, depuis longtemps, de l'appliquer également en France; mais, outre la perturbation que causerait

[1] Actuellement, on transforme partout, presque gratuitement, pour qui le désire, des lingots d'or en or monnayé ; mais, nulle part, en Europe, on ne frappe d'argent pour les particuliers. L'Etat, en France, n'en frappe plus d'aucune façon depuis 1876. La frappe libre a été suspendue depuis le 7 septembre 1873.

[2] Tel l'édit de Médina en 1497, cinq ans après la découverte du Nouveau-Monde, ayant abaissé le rapport légal des deux métaux de 11 6/10 à 10 7/10; voir l'ordonnance de 1785, etc.

la démonétisation des 2 milliards environ de pièces de 5 francs qui peuvent y exister et qu'on ne réussirait à écouler qu'avec perte, la France est liée, depuis le 9 décembre 1865, à l'Italie, à la Belgique, à la Suisse et à la Grèce par la convention dite de l'Union latine, convention d'après laquelle les monnaies de l'un des pays doivent être admises dans l'autre, c'est-à-dire que les pièces d'argent y sont reçues pour leur valeur fictive, au taux de 15 fois et demi moins que l'or. Pour remédier aux inconvénients qu'aurait forcément entraînés cette convention, il a fallu, dans ces pays, d'abord limiter, puis suspendre le monnayage de l'argent.

Depuis quelques années, le même problème se pose aux Etats-Unis sous une autre forme. Là l'étalon unique est l'or ; mais le pays se trouve, en même temps, produire une quantité considérable d'argent, dont l'exportation constitue une de ses grandes richesses. La baisse du métal blanc amenant, dès lors, une dépréciation de la fortune américaine, on a cherché à l'enrayer par une série de lois dont la dernière et la plus grave est le Silverbill de 1890.

L'idée, qui a prévalu alors, a été de faire acheter par le trésor une quantité déterminée de lingots d'argent (54 000 000 onces par an) qui seraient monnayés en partie et représentés, pour le reste, par du papier-monnaie ayant cours légal; on espérait ainsi absorber l'excédent de production de l'argent de manière à ce que, l'offre n'étant plus surabondante par rapport à la demande, les cours vinssent à remonter peu à peu.

Les conséquences de cette résolution imprudente ont été, comme on aurait dû le prévoir, toutes contraires; il en est résulté, en effet, sur toutes les mines, un accroissement nouveau dans la production de l'argent[1], et, par suite, une aggravation de la baisse. Déjà, à la suite de mesures analogues prises par le Blandbill, cette production avait passé, dans le monde, de 63 millions d'onces en 1873, à 126 millions en 1886 ; elle est arrivée à près de 146 millions (4 550 000 kilogrammes) en 1892 ; c'est-à-

[1] Tout au moins, aurait-il fallu limiter la production des mines d'argent par la même loi qui leur promettait l'achat de cette production, l'Etat Américain se faisant, en résumé, le chef d'une sorte de syndicat de l'agent, comparable à celui qui existe pour le zinc ou qu'on a tenté de réaliser pour le cuivre.

dire qu'au lieu de faire disparaître, comme on aurait dû le tenter, la surabondance de l'argent, en laissant quelques-unes des trop nombreuses mines se fermer, on l'a encore augmentée, que l'argent continue à diminuer de prix et qu'il s'immobilise, sans aucune utilité, dans les caves du trésor américain, des kilogrammes d'argent, qui perdraient la plus grande partie de leur valeur le jour où on chercherait à les écouler, tandis que l'or, qui, depuis quelque temps, avait une tendance à s'en aller en Amérique, revient en Europe et notamment en France.

Les partisans de la loi objectaient, il est vrai, que la disparition progressive des billets des banques nationales aux Etats-Unis et la quantité plus grande de monnaie divisionnaire nécessaire avec la prospérité actuelle pourraient absorber une certaine quantité du nouveau papier-monnaie argent. Mais l'expérience a montré que c'était là un débouché restreint. Comme première conséquence du Silverbill, on a vu, en 1891, les Etats-Unis, malgré les achats de leur gouvernement, vendre près de 100 millions de métal blanc à Londres ; et, comme l'Inde et la Chine n'ont pris que 75 millions, le prix de l'argent est descendu de 153 francs le kilogramme à 140. En 1892, cette baisse s'est encore accentuée et, en janvier 1893, nous voyons le cours de l'argent en barres à 128 francs le kilogramme. Aussi a-t-on pu proposer, en Amérique, contrairement à ce qui semble tout d'abord logique, de rétablir la liberté de la frappe, avec le bimétallisme sur le pied du rapport de 1 à 16[1].

[1] On s'est demandé si cette surabondance de production de l'argent n'était pas un événement passager et si l'extraction croissante de certaines mines d'or nouvelles, notamment de celles du Transvaal, ne viendrait pas la compenser. Il est possible, en effet, qu'à un moment donné se reproduise, pendant quelques années, ce qui a eu lieu lors de la découverte des placers de Californie. Mais, d'une manière générale, on doit admettre que, plus la conquête de la terre par l'homme sera avancée, moins on extraiera d'or. Humboldt a fait cette remarque curieuse qu'à toutes les époques, l'or était venu des limites extrêmes du monde civilisé. En effet, les gîtes d'or ne sont, comme nous le dirons, vraiment riches que dans leurs parties superficielles où une concentration s'est produite par altération et remaniement ; ces parties superficielles, aussitôt reconnues, s'épuisent vite et alors on rencontre en profondeur, des filons ou des couches de pyrite aurifère beaucoup plus pauvres. Il se passe bien quelque chose de comparable pour l'argent, mais à un degré infiniment moindre.

Ce phénomène de la rareté relative de l'or par rapport à l'argent, Suess (*die Zukunft des Goldes*) en a donné une explication bien ingénieuse. Suivant lui, un métal est d'autant plus abondant à la surface de la terre que son poids spécifique est plus faible, les métaux lourds s'étant concentrés dans le noyau central. L'iridium (22,23) et le platine (21,5) sont plus rares que l'or (19,25), plus rare lui-même que le

Laissant de côté ces questions économiques, indiquées seulement ici pour montrer l'influence considérable qu'exercent, sur le commerce de l'argent, les mesures légales, arrivons maintenant à l'historique de sa production et de sa consommation, qui nous intéresse plus spécialement. En 1851, Michel Chevalier estimait à 122 millions de kilogrammes la quantité d'argent extraite, depuis le XVI^e^ siècle, dans l'Amérique espagnole; à 10 millions, celle fournie par l'Europe. Sur cette quantité, une grande partie est allée s'enfouir aux Indes et, plus généralement, en Orient, de telle sorte qu'en 1830, le stock monétaire du monde civilisé n'était que de 46 millions de kilogrammes d'argent; en 1880, malgré une production ayant atteint, depuis 1830, 57 270 000 kilogrammes, il n'arrivait encore qu'à 46 700 000 kilogrammes. Au commencement du siècle, Humboldt évaluait déjà, à 137 millions de francs par an, la faculté d'absorption des Indes. De 1852 à 1862, cette absorption s'est élevée à 282 millions par an, soit 2 822 millions, tandis que les pays producteurs n'envoyaient en Europe que 1 247 millions. C'est à ce moment que l'on s'est inquiété, en Europe, de la rareté croissante de l'argent et de la baisse de l'or[1]. Le stock d'argent disponible en Europe et en Amérique était, en 1851, d'environ 24 milliards.

Depuis cette époque, nous avons dit combien la production de l'argent s'était développée dans l'Amérique du Nord. Au début du siècle, l'argent, venant du Mexique et du Pérou, ne comptait que pour 800 000 kilogrammes ou 180 millions par an; de 1810 à 1825, cette production était même beaucoup plus faible. Vers 1870, nous ne trouvons encore que 400 à 420 millions d'argent contre 500 à 520 millions d'or. Au contraire, en 1889, on a extrait 870 millions de francs d'argent (4 242 018 kilogrammes) contre 600 millions d'or; en 1891, 939 millions (4 527 804 kilogrammes) contre 681 millions d'or.

L'argent en circulation sous forme de monnaies était évalué, en

mercure (13,59) et que l'argent (10,47). C'est la même loi générale qui fait que les planètes extrêmes du système solaire sont plus légères que les planètes rapprochées du soleil : Uranus, 0,82; Saturne, 0,73 ; Jupiter, 1,29 ; la Terre, 5,56 ; Mercure, 6,84. Pour le soleil même, l'analyse spectrale montre que les métaux denses et précieux n'existent pas dans l'enveloppe extérieure gazeuse.

[1] Voir plus haut, page 732.

1887, à 16 milliards (contre 18 milliards d'or), dont la frappe se répartissait, pour les pays dont on possède des statistiques, de la façon suivante :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Allemagne (1875-1881). . . | 528 | millions | |
| Angleterre. . . . . | 700 | — | frappés depuis 1816 (530 millions restent en Angleterre)[1]. |
| Autriche (1871-1881) . . . . | 400 | millions | |
| Belgique (1832-1885) . . . . | 500 | — | |
| Brésil . . . . . | 60 | — | |
| Chine, Egypte, Inde, Perse et Turquie . . . . . | (?) | | |
| Espagne . . . . . | 200 | — | |
| États-Unis . . . . . | 235 | — | On compte, en novembre 1890, 475 725 000 dollars d'argent aux Etats-Unis. |
| France . . . . . | 5 300 | — | frappés depuis 1793 (2 milliards environ restent en France)[2]. |
| Grèce. . . . . | 16 | — | |
| Hollande . . . . . | 303 | — | |
| Italie. . . . . | 528 | — | |
| Japon . . . . . | 50 | — | |
| Mexique. . . . . | 255 | — | |
| Portugal . . . . . | 78 | — | |
| Roumanie (1865-1881) . . . | 55 | — | |
| Russie . . . . . | 11 | — | |
| Scandinavie et Danemark. . | 40 | — | |
| Suisse . . . . . | 110 | — | |

Le mouvement, qui en résulte, a été évalué, comme suit, de 1871 à 1875 :

ARGENT LIVRÉ AU MARCHÉ GÉNÉRAL (ÉVALUÉ EN MILLIONS)

| | |
|---|---|
| Extraction des mines . . . . . | 1 367 1/2 |
| Métal démonétisé, vendu par l'Allemagne et la Scandinavie . . . . . | 200 |
| Sorti d'Italie . . . . . | 200 |
| — d'Autriche. . . . . | 100 |
| | 1 867 1/2 |

[1] L'Angleterre, qui fait plus d'affaires que la France, au moyen des instruments de crédit, ne possède que moitié moins de numéraire.

[2] De 1851 à 1870, la France a exporté, d'après M. Sœtbeer, un milliard d'argent. D'après M. Laveleye, il resterait en France 3 milliards d'argent. Au 1er février 1893 l'encaisse de la Banque de France compte 1 256 000 000 d'argent.

PAYS DE PLACEMENT

| | |
|---|---|
| L'Inde | 227 1/2 |
| La France | 837 1/2 [1] |
| La Russie | 100 |
| L'Espagne et le Portugal | 100 |
| L'Angleterre | 125 |
| Les États-Unis | 190 |
| Le Japon et la Chine | 187 1/2 |
| Le reste de l'Asie | 100 |
| | 1 867 1/2 |

D'une façon plus générale, entre 1830 et 1880, d'après M. Sœtbeer, l'argent extrait des mines a été placé comme suit :

| | |
|---|---|
| Exportation vers l'Orient | 68,1 |
| Consommation industrielle | 25,3 |
| Frai monétaire | 4,2 |
| Accroissement du stock monnayé | 1,2 |
| Accroissement du stock latent (non monnayé) | 1,2 |
| | 100,0 |

Les pays, où il s'est fait un monnayage important d'argent dans ces dernières années, sont :

| | 1883 | 1886 | 1887 |
|---|---|---|---|
| | Dollars | Dollars | Dollars |
| Etats-Unis | 38 962 176 | 32 086 709 | 35 191 081 |
| Mexique | 25 840 727 | 26 991 804 | 26 844 031 |
| Inde | 48 487 114 | 27 121 414 | 44 142 013 |
| Espagne | 3 678 314 | 5 037 506 | 11 389 414 |
| Autriche | 4 147 659 | 4 384 433 | 5 596 395 |
| Japon | 6 320 927 | 9 086 077 | 10 279 555 |
| Angleterre | 3 540 719 | 2 031 194 | 4 142 136 |
| Total | 130 977 636 | 106 749 137 | 137 544 625 |

En 1889, la *frappe de l'argent* a été la suivante, d'après M. Ottomar Haupt, en Angleterre : on a frappé 55 600 000 francs et retiré 5 800 000 francs. La circulation de l'argent, cette même année, était évaluée, dans ce pays, à 530 000 000. L'hôtel des monnaies de Melbourne a frappé pour 13 660 000 francs ; celui de Sidney

[1] Cette période correspond au moment où l'Allemagne venait de démonétiser l'argent et où la France n'avait pas encore supprimé la frappe de l'argent. L'importation, en France, s'en était trouvée triplée.

pour 16 170 000 francs. Dans l'Inde, il a été frappé, en argent, 190 000 000 francs; à Paris, 36 680 000 en pièces du commerce; en Allemagne, 930 000 francs en marks; en Autriche, 19 millions; en Russie, 5 970 000 francs en roubles; aux Etats-Unis, 187 millions en dollars; au Mexique, 135 millions en piastres; à Siam, 7 millions; au Japon, 47 millions. Le résultat total s'élève, par suite, à 707 millions, dont 45 à déduire pour la refonte : soit 662 millions.

De 1795 à 1880, la frappe de l'argent, en France, a été de 5 511 952 863 francs; en déduisant 222 166 304 de pièces démonétisées, on arrivait alors, pour la monnaie d'argent ayant cours, à 5 289 786 559, dont 2 milliards environ peuvent rester en France.

**Production de l'argent.** — D'autre part, la *production de l'argent,* depuis le commencement du XVIII[e] siècle, est indiquée par des tableaux suivants :

PRODUCTION DE L'OR ET DE L'ARGENT DANS LE MONDE AVANT 1880

| | POIDS | | VALEUR | | TOTAL | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Or | Argent | Or | Argent | | |
| | Kg. | Kg. | Millions de francs | Millions de francs | | |
| 1701-1720 | 12 820 | 355 600 | 45 | 81 | 126 | |
| 1721-1740 | 19 080 | 431 200 | 66 | 99 | 165 | |
| 1741-1760 | 24 610 | 533 145 | 85 | 125 | 210 | |
| 1761-1780 | 20 705 | 657 740 | 71 | 155 | 226 | |
| 1781-1800 | 17 790 | 879 060 | 62 | 203 | 265 | |
| 1801-1810 | 17 778 | 894 150 | 62 | 200 | 262 | |
| 1811-1820 | 11 445 | 540 770 | 40 | 122 | 162 | Moyenne annuelle. |
| 1821-1830 | 14 216 | 460 560 | 50 | 102 | 152 | |
| 1831-1840 | 20 289 | 596 450 | 70 | 132 | 202 | |
| 1841-1850 | 54 759 | 780 415 | 180 | 171 | 351 | |
| 1851-1855 | » | » | 695 | 200 | 895 | |
| 1855-1860 | » | » | 702 | 205 | 907 | |
| 1861-1865 | » | 1 097 400 | 645 | 249 | 894 | |
| 1866-1870 | » | » | 680 | 299 | 979 | |
| 1871 | » | » | 582 | 279 | 861 | |
| 1872 | » | » | 550 | 279 | 829 | |
| 1873 | » | » | 530 | 320 | 850 | |
| 1874 | » | 1 714 300 | 588 | 465 | 1 053 | |
| 1875 | » | » | 542 | 345 | 887 | |
| 1876 | » | » | 558 | 385 | 943 | |
| 1877 | » | » | 585 | 435 | 1 020 | |
| 1878 | » | » | 552 | 402 | 954 | |
| 1879 | » | » | 502 | 395 | 897 | |

# PRODUCTION DE L'ARGENT

QUANTITÉS EN KILOGRAMMES. — VALEURS DU KILOGRAMME EN FRANCS

| ANNÉES | FRANCE | | ILES BRITANNIQUES | | PRUSSE | | SAXE | | AUTRES PAYS ALLEMANDS | | BELGIQUE | | AUTRICHE | | HONGRIE | | ITALIE | | RUSSIE | | SUÈDE | | NORVÈGE | | ESPAGNE | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Kilos | Francs | Kilos | Francs | Kilos | Francs | Kilos | Francs | Kilos | Francs | Kilos | Francs | Kilos | Francs | Kilos | Francs | Kilos | Francs | Kilos | Francs | Kilos | Francs | Kilos | Francs | Kilos | Francs |
| 1880 | 40 400 | 180 | 9 200 | 173 | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | 1 300 | 200 | » | » | 65 871 | 180 |
| 1881 | 54 718 | 188 | 9 642 | 177 | » | » | 39 100 | 189 | 4 600 | 190 | 8 835 | 189 | 31 360 | 223 | » | » | » | » | » | » | 1 176 | 215 | » | » | 24 220 | 190 |
| 1882 | 66 940 | 186 | 9 642 | 175 | 161 520 | 187 | 51 000 | 188 | 4 400 | 190 | 10 150 | 186 | 21 095 | 220 | » | » | 25 000 | 180 | 8 021 | 215 | » | » | » | » | 46 898 | 186 |
| 1883 | 48 491 | 184 | 19 626 | 187 | 172 806 | 183 | 58 950 | 184 | 3 284 | 183 | 10 847 | 179 | 32 626 | 220 | » | » | 31 191 | 185 | 7 377 | 215 | 1 714 | 215 | » | » | 54 335 | 182 |
| 1884 | 51 680 | 184 | 19 731 | 187 | 184 876 | 184 | 60 310 | 184 | 3 000 | 183 | 9 956 | 184 | 24 857 | 224 | » | » | 33 436 | 140 | 9 672 | 215 | 1 818 | 215 | » | » | 26 301 | 182 |
| 1885 | 50 828 | 170 | 18 286 | 180 | 195 933 | 176 | 79 950 | 174 | 3 415 | 171 | 13 056 | 178 | 36 077 | 220 | » | » | 33 839 | 160 | 11 269 | 215 | 2 226 | 215 | 7 320 | 180 | 31 026 | 176 |
| 1886 | 46 789 | 166 | 18 184 | 173 | 215 758 | 165 | » | » | » | » | 14 756 | 166 | 35 697 | 220 | 15 993 | 217 | 33 839 | 160 | 13 289 | 215 | 1 939 | 180 | » | » | 39 065 | 246 |
| 1887 | 54 314 | 160 | 20 225 | 151 | 238 131 | 162 | 39 265 | 161 | 34 415 | 171 | 22 568 | 160 | 36 433 | 214 | 17 665 | 222 | 33 387 | 164 | 15 382 | 202 | 1 678 | 180 | » | » | 51 502 | 189 |
| 1888 | 49 396 | 160 | 20 493 | 145 | 259 504 | 156 | 93 077 | 155 | 54 022 | 156 | 29 229 | 157 | 35 326 | 220 | » | » | 34 801 | 157 | 13 861 | 202 | 4 648 | 213 | 5 963 | 154 | 65 000 | 179 |
| 1889 | 80 942 | 160 | 19 382 | 144 | 256 324 | 154 | 81 327 | 154 | 65 286 | 156 | 24 622 | 156 | 25 435 | 220 | 17 206 | 220 | 33 805 | 150 | » | » | 4 294 | 213 | » | » | » | » |
| 1890 | 71 117 | 160 | 18 917 | 161 | 260 824 | 169 | » | » | » | » | 33 083 | 175 | 35 863 | 220 | 17 050 | 231 | 34 248 | 170 | 14 562 | 215 | » | » | » | » | » | » |
| 1891 | 71 303 | 160 | 18 437 | 152 | 277 546 | 164 | 83 512 | 164 | 87 768 | 160 | 32 950 | 163 | 36 037 | 220 | » | » | « | » | » | » | 5 748 | 215 | » | » | » | » |

## PRODUCTION DE L'ARGENT

QUANTITÉS EN KILOGRAMMES. — VALEURS DU KILOGRAMME EN FRANCS

| ANNÉES | ÉTATS-UNIS | | CHILI | | MEXIQUE | | COLOMBIE | | BOLIVIE | | RÉPUBLIQUE ARGENTINE | | PÉROU | | AMÉRIQUE CENTRALE | | CANADA | | AUSTRALIE | | TASMANIE | | JAPON | | TOTAL approximatif du monde entier |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Kilos | Francs | Kilos | Francs | Kilos | Francs | Kilos | Francs | Kilos | Francs | Kilos | Francs | Kilos | Francs | Kilos | Francs | Kilos | Francs | Kilos | Francs | Kilos | Francs | Kilos | Francs | Kilos |
| 1880 | 942 623 | 215 | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » |
| 1881 | 1 034 649 | 215 | » | » | 605 467 | 215 | 24 057 | 215 | 384 985 | 215 | » | » | » | » | » | » | 2 467 | 215 | 2 373 | 215 | 534 | 230 | » | » | 2 544 455 |
| 1882 | 1 126 083 | 215 | 122 275 | 215 | 703 508 | 215 | 18 283 | 215 | 264 077 | 215 | » | » | » | » | » | » | 1 641 | 215 | 1 672 | 215 | » | » | » | » | 2 675 729 |
| 1883 | 1 111 457 | 215 | » | » | 711 347 | 215 | » | » | 384 023 | 215 | 11 500 | 214 | » | » | » | » | » | » | 3 085 | 180 | 523 | 182 | » | » | 2 813 037 |
| 1884 | 1 173 860 | 215 | » | » | 655 808 | 215 | » | » | » | » | » | » | 45 009 | 215 | » | » | » | » | 3 755 | 178 | 775 | 166 | » | » | 2 916 058 |
| 1885 | 1 241 210 | 215 | 180 242 | 214 | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | 772 | 162 | 25 000 | 160 | 517 | 155 | » | » | 2 979 330 |
| 1886 | 1 227 141 | 216 | 210 000 | 215 | 794 033 | 214 | 9 625 | 214 | » | » | 722 | 215 | 96 246 | 214 | » | » | 10 487 | 160 | 32 402 | 158 | » | » | 24 855 | 214 | 2 302 587[1] |
| 1887 | 1 283 855 | 215 | 205 422 | 214 | 904 000 | 215 | » | » | 240 616 | 215 | 10 226 | 214 | 49 750 | 215 | » | » | 12 222 | 149 | 6 333 | 150 | » | » | 32 065 | 214 | 3 382 409 |
| 1888 | 1 424 326 | 214 | 185 851 | 214 | 995 500 | 214 | 28 874 | 214 | 264 678 | 214 | » | » | 75 263 | 214 | » | » | 13 384 | 146 | 12 575 | 146 | » | » | 42 424 | 214 | 3 729 951 |
| 1889 | 1 555 486 | 214 | » | » | 1 325 828 | 214 | 24 061 | 214 | 230 460 | 214 | » | » | » | » | 48 123 | 215 | 11 921 | 146 | 13 940 | 141 | » | » | » | » | 4 242 018 |
| 1890 | 1 694 950 | 215 | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | 12 401 | 175 | 16 250 | 156 | » | » | 43 282 | 215 | 4 380 143 |
| 1891 | 1 814 642 | 215 | 72 185 | 215 | 1 275 265 | 215 | 31 232 | 215 | 272 666 | 215 | 14 080 | 215 | 74 679 | 215 | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | 4 527 804 |

[1] D'après la statistique américaine, la production aurait été, en 1886, de : 3 037 319 kilogrammes.

Si l'on classe les pays par ordre d'importance, on a :

| | 1889 | 1890 | 1891 |
|---|---|---|---|
| | Kilogrammes | Kilogrammes | Kilogrammes |
| États-Unis | 1 555 486 | 1 694 950 | 1 814 642 |
| Mexique | 1 335 828 | » | 1 275 265 |
| Allemagne (Prusse, Saxe, etc.) | 403 037 | 410 824 | 449 824 |
| Bolivie | 230 460 | » | 372 666 |
| Pérou | 75 263 | » | 74 869 |
| Chili | 185 851 | » | 72 185 |
| France | 80 942 | 71 117 | 71 303 |
| Espagne | 65 000 | » | » |
| Autriche-Hongrie | 52 641 | 52 913 | » |
| Amérique Centrale | 48 123 | » | » |
| Japon | 42 424 | » | 43 282 |
| Italie | 34 891 | 34 248 | » |
| Belgique | 24 622 | 33 083 | 33 950 |
| Colombie | 24 060 | » | 31 232 |
| Iles Britanniques | 19 382 | 18 917 | 18 437 |
| République Argentine | 10 226 | » | 14 680 |
| Russie | 15 382 | » | 14 562 |
| Australie | 13 940 | 16 250 | » |
| Canada | 11 921 | 12 461 | » |
| Suède et Norvège | 11 968 | » | 11 600 |

Voyons maintenant comment se répartit cette production dans chaque pays :

**Etats-Unis.** — Aux États-Unis, d'après les statistiques américaines, on obtient, en rangeant les États par ordre de production, le tablean ci-joint (p. 744) :

Dans le *Colorado*, nous retrouvons le district de Leadville, dont nous avons indiqué, au chapitre du *Plomb*[1], la grande importance ; nous avons également signalé les galènes argentifères, avec minéraux d'argent associés, du comté de Clear Creek. Leadville a produit, de 1877 à 1884, 3 200 kilogrammes d'or, 1 589 283 kilogrammes d'argent et 278 231 tonnes d'argent, valant ensemble près de 500 millions. En outre, les filons aurifères du Colorado contiennent une certaine proportion d'argent.

Dans l'Etat de *Montana*, le groupe de mines principal est celui de Butte City (Lexington mine, etc...). L'Hecla Cons. min. de

[1] Page 637.

| | 1881 | 1882 | 1883 | 1884 | 1885 | 1886 | 1887 | 1888 | 1889 | 1890 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Dollars [1] | Dollars | Dollars | Dollars | Dollars | Dollars | Dollars | Dollars | Dollars | Dollars | Onces |
| Colorado. . . . | 17 160 000 | 16 500 000 | 17 370 000 | 16 000 000 | 15 800 000 | 16 000 000 | 15 000 000 | 19 000 000 | 17 468 960 | 20 363 636 | 15 750 000 |
| Montana. . . . | 2 630 000 | 4 370 000 | 6 000 000 | 7 000 000 | 10 060 000 | 12 400 000 | 15 500 000 | 17 000 000 | 23 757 751 | 24 307 070 | 18 800 000 |
| Utah. . . . . | 6 400 000 | 6 800 000 | 5 620 000 | 6 800 000 | 6 750 000 | 6 500 000 | 7 000 000 | 7 000 000 | 9 057 014 | 10 343 434 | 8 000 000 |
| Nevada . . . . | 7 060 000 | 6 750 000 | 5 430 000 | 5 600 000 | 6 000 000 | 5 000 000 | 4 900 000 | 7 000 000 | 6 072 241 | 5 753 535 | 4 450 000 |
| Arizona . . . . | 7 300 000 | 7 500 000 | 5 200 000 | 4 500 000 | 3 800 000 | 3 400 000 | 3 800 000 | 3 000 000 | 4 056 482 | 4 783 838 | 3 700 000 |
| Idaho . . . . | 1 300 000 | 1 500 000 | 2 100 000 | 2 720 000 | 3 500 000 | 3 600 000 | 3 000 000 | 3 000 000 | 2 343 977 | 1 292 929 | 1 090 000 |
| New-Mexico . . | 275 000 | 150 000 | 2 815 000 | 3 000 000 | 3 000 000 | 2 300 000 | 2 300 000 | 1 200 000 | 1 617 578 | 1 680 808 | 1 300 000 |
| Californie . . . | 750 000 | 815 000 | 1 460 000 | 3 000 000 | 2 500 000 | 1 400 000 | 1 500 000 | 1 400 000 | 1 373 807 | 1 163 636 | 900 000 |
| Texas . . . . . | » | » | » | » | 5 000 | 205 000 | 250 000 | 300 000 | 418 173 | 387 878 | 300 000 |
| Washington . . | » | » | 500 | 1 000 | 70 000 | 80 000 | 100 000 | 100 000 | 36 801 | 90 505 | 70 000 |
| TOTAL . . . (y compris les États secondaires), | 43 000 000 | 46 800 000 | 46 200 000 | 48 800 000 | 51 600 000 | 51 321 500 | 35 433 000 | 59 206 700 | 66 396 988 | 70 485 714 | 54 516 300 |

[1] On compte 1,2929 dollar par once.

Glendale a produit, en 1887, 474 719 onces d'argent. Ces mines, situées entre les fleuves Jefferson, Madison et Galatin, ne datent, pour la plupart, que de 1872; en 1881 encore, on peut voir, sur le tableau précédent, combien le district de Montana venait loin après l'Utah, le Nevada et l'Arizona; il les a dépassés depuis. Le Montana est devenu, en même temps, comme nous l'avons vu[1], grand producteur de cuivre.

L'*Utah*, mis en valeur seulement vers 1878, produisait, dès 1881, 22 000 tonnes de galène argentifère. Nous avons décrit, à propos du plomb[2], les mines de Bingham et celles, un peu différentes, de l'Emma Mine. Nous citerons celles de Silver Sandstone.

Dans le *Nevada*, surnommé jadis Silverstate, les deux centres principaux sont: Eureka, décrit au plomb[3], et le Comstock, réservé pour ce chapitre[4]. Tous deux ont eu, de 1870 à 1880, une grande prospérité, mais sont déchus depuis. Eureka, qui produisait 31 000 tonnes de plomb et 23 millions d'argent en 1878, est tombé à 3 400 tonnes de plomb et 3 millions d'argent en 1887; le Comstock est passé — au moins, si l'on s'en rapporte aux documents officiels — de 70 millions en 1870, à 20 millions en 1887.

Néanmoins, Eureka a fourni, de 1869 à 1883, 225 000 tonnes de plomb et plus de 300 millions de francs d'argent et d'or (l'or entrant, pour un tiers, dans ce total); le Comstock a produit, de 1860 à 1881, 7 millions de tonnes de minerai, représentant une valeur de un milliard 800 millions, dont 42 p. 100 en or et 58 p. 100 en argent.

Nous citerons, en outre, les filons de Austin.

Dans l'*Arizona*, les mines sont répandues du Rio Colorado au Gilda sur une zone large de 64 à 120 kilomètres. Les plus riches sont celles du comté de Yuma et de Cochise. Ce sont des mines de galène argentifère et aurifère dans des terrains calcaires traversés par des porphyres.

L'*Idaho* est une région neuve, en plein développement.

[1] Page 263.
[2] Pages 563 et 664.
[3] Page 626.
[4] Voir plus loin, page 791.

Enfin, au *Nouveau-Mexique*, nous citerons les mines de Montezuma, Maxwell, et surtout Silver City, dans le comté de Grant[1].

**Mexique.** — Le *Mexique* a été, pendant longtemps, le plus grand centre de production de l'argent. Très déchu depuis 1810, il s'est surtout relevé après 1871 ; en 1871, la production d'argent était de 90 millions de francs ; en 1889, elle a atteint 1 335 828 kilogrammes valant 286 millions ; en 1891, 1 275 265 kilogrammes. De 1521 à 1875, le Mexique passe pour avoir fourni 76 205 000 kilogrammes d'argent.

Parmi les mines les plus anciennes, nous citerons : Catorce ; Fresnillo, qui, de 1859 à 1863, a donné 29 millions de francs d'argent ; Zacatecas, où la Veta Madre, un filon célèbre, a donné, de 1558 à 1832, plus de 3 milliards d'argent ; Guanajato, le district le plus renommé, où un filon, également nommé Veta Madre, a donné, de 1558 à 1810, près de un milliard ; Pachuca et Real del Monte, où se trouve la mine de Rosario, ayant donné, de 1851 à 1862, 485 000 kilogrammes d'argent aurifère à 0,20 p. 100 d'or ; puis Sultepec, Carmen, etc.

**Allemagne.** — En *Allemagne*, nous nous trouvons avoir déjà étudié : avec le plomb, les grands centres de production d'argent de Saxe, du Harz, etc. ; avec le cuivre, ceux du Mansfeld.

La production d'argent, en Allemagne, se décomposait ainsi, en 1880 et 1890 :

| | 1880. | 1890. |
|---|---|---|
| Province de Saxe (Halle) . . . . . | 51 586 kg. | 88 212 kg. |
| Royaume de Saxe . . . . . | 44 658 — | 83 512 — (1891). |
| Prusse rhénane (Bonn) . . . . . | 35 197 — | 111 561 — |
| Harz (Clausthal) . . . . . | 28 305 — | 51 700 — |
| Nassau . . . . . | 12 505 — | » |
| Silésie (Breslau) . . . . . | 9 723 — | 9 348 — |
| Westphalie . . . . . | 2 908 — | » |
| Pays allemands autres que la Prusse et la Saxe . . . . . | 4 000 — | 87 768 — (1891). |
| | 184 882 kg. | 432 101 kg. |

[1] Ces gisements sont, d'après d'Achiardi, au contact du calcaire et d'un porphyre.

La production ancienne est évaluée aux chiffres suivants :

| | | | |
|---|---|---|---|
| De 1493 | à 1600 | 1 564 400 | kg. |
| 1601 | 1700 | 826 000 | — |
| 1701 | 1800 | 2 073 600 | — |
| 1801 | 1850 | 1 385 900 | — |
| 1851 | 1870 | 1 339 610 | — |
| 1871 | 1875 | 715 400 | — |
| Soit, de 1493 à 1875 | | 7 904 910 kg. | valant 1 756 692 339 fr. |

**Bolivie.** — La *Bolivie* comprend les grandes mines de Potosi, Oruro, Huanchaca. Potosi, découvert en 1545, passe pour avoir fourni, vers 1580, 100 millions par an de redevance au roi d'Espagne. La production, depuis l'origine, dépasse un milliard. Huanchaca, moins anciennement connu, a fourni, en 1887, 131 000 kilogrammes d'argent, valant 20 millions.

De 1871 à 1875, la production annuelle, estimée d'après des documents officiels (qu'il faudrait, paraît-il, de même qu'au Chili, multiplier dans une forte proportion pour tenir compte de la fraude), était de 220 000 kilogrammes par an. De 1545 à 1815, on l'estime à 37 717 000 kilogrammes, valant 8 milliards 300 millions. En 1891, on a produit 372 666 kilogrammes.

**Pérou.** — Au *Pérou*, les principales mines sont celles du Cerro de Pasco, qui ont encore fourni : en 1804, 78 200 kilogrammes d'argent; en 1842, 96 652; en 1878, 38 947.

La production du Pérou en argent, très considérable au dernier siècle, avait atteint, en 1810, 151 300 kilogrammes. De 1533 à 1875, on estime que ce pays a fourni 31 200 000 kilogrammes. En 1889, son extraction est évaluée à 71 263 kilogrammes ; en 1891, à 74,869,

**Chili.** — Au *Chili*, nous décrirons principalement les grandes mines de Chanarcillo et Caracoles, qui ont fourni le plus d'argent dans ce pays ; Chanarcillo, de 1832 à 1879, a donné environ un milliard et demi d'argent.

Caracoles, découvert en 1870, a extrait, de 1870 à 1880, 120 000 kilogrammes d'argent par an.

Le Chili a produit, de 1871 à 1875, officiellement, 82 200 kilogrammes par an ; de 1721 à 1875, 2 609 000 kilogrammes; en 1891, 72 185 kilogrammes.

**France.** — En *France,* l'argent produit vient, soit de galènes argentifères (Pontpéan, Pontgibaud, Bormettes, etc.), soit surtout de minerais importés ; nous citerons, cependant, quelques gîtes à minéraux d'argent proprement dits, comme celui des Chalanches. La production, qui était, en 1877, de 37 900 kilogrammes, en 1878, de 29 000, est montée, en 1889, à 80 942, valant 12 951 000 francs ; en 1891, elle a été de 71 303. Cette production d'argent se décompose, d'après la statistique, en 30 474 kilogrammes extraits de galènes argentifères ; 40 829 kilogrammes séparés de plombs d'œuvre étrangers, venant surtout d'Espagne, un peu aussi de Grèce.

En France, le commerce de l'argent est résumé par les chiffres suivants en 1889 et 1891.·

| | Argent battu laminé ou filé | | Bijouterie, orfèvrerie | | Numéraire | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1889 | 1891 | 1889 | 1891 | 1889 | 1891 | 1889 | 1891 |
| Importation (Kilos) | 1 167 | 772 | 6 446 | 5 030 | 599 150 | 737 202 | 606 763 | 951 472 |
| Exportation — | 5 512 | 4 922 | 14 375 | 12 878 | 551 124 | 693 068 | 571 011 | 773 662 |

**Espagne.** — En *Espagne* comme en France, l'argent provient uniquement de galènes argentifères; nous citerons seulement, pour leur intérêt géologique, les gîtes d'argent proprement dits de Guadalcanal, près de Séville. Les mines d'argent d'Espagne, autrefois célèbres, ont été ruinées par la découverte du Nouveau-Monde. La production anuelle moyenne a été, de 1849 à 1857, de 50 200 kilogrammes; en 1889, elle s'est élevée à 65 000 kilogrammes, auxquels il faut ajouter 30 000 kilogrammes environ extraits, en France, de plombs d'œuvre espagnols.

Nous rappellerons seulement les noms de Linarès, Carthagène, l'Horcajo, Peñarroya, etc.[1].

**Autriche-Hongrie.** — En *Autriche-Hongrie,* nous avons les mines fameuses de Przibram en Bohême[2], dont la richesse la plus

[1] Voir pages 526 à 559.

[2] Voir page 569.

grande a été trouvée, dans ces dernières années, aux plus grandes profondeurs; celles de Schemnitz que nous étudierons dans ce chapitre; celles du Banat[1], etc.

L'Autriche proprement dite a fourni : en 1876, 23 750 kilogrammes; en 1880, 30 257 kilogrammes; en 1889, 35 435 kilogrammes; en 1891, 36 037 kilogrammes; la Hongrie, en 1872, 17 136 kilogrammes; en 1877, 21 236 kilogrammes; en 1879, 18 661 kilogrammes; en 1887, 17 665 kilogrammes; en 1890, 17 049 kilogrammes.

La décomposition se fait comme suit :

| AUTRICHE (1891) | | HONGRIE (1890) | |
|---|---|---|---|
| | | Beszterczebanya (Schemnitz) . | 7 913 kg. |
| Bohème. . . . | 35 314 kg. | Nagybanya (Transylvanie) . . | 5 435 — |
| Tyrol. . . . . | 367,88 — | Szepes-Iglo . . . . . | 1 843 — |
| Carniole. . . . | 355,58 — | Zalatna (Transylvanie) . . . . | 1 805 — |
| | 36 037,46 kg. | | 17 049 kg. |

**Japon.** — Au *Japon*, la proportion d'argent s'est élevée assez vite depuis quelques années; en 1874, elle était de 9 825 kilogrammes; en 1879, elle était retombée à 2 853; en 1883, nous la trouvons à 42 424; en 1891, à 43 282.

Les principales mines sont dans les provinces de Sado, Ugo, Richuchu, Haronia et Sida.

Dans la partie Ouest de l'île de Sado, on exploite, depuis des siècles, les mines de Torigoï, Aoban et Hiakumaï; dans la province de Ugo, est la mine Innaï; dans celle de Richuchu, la mine Kosaka, etc...

**Italie.** — En *Italie*, presque tout l'argent vient de Sardaigne[2], en particulier du massif de Sarrabus, connu seulement depuis 1870 et qui a atteint, en 1885, un maximum de production de 2 400 000 francs pour retomber, en 1889, à 1 500 000 francs. Quelques mines sardes de galène argentifère, Monte Vecchio, etc., sont également fort riches. En 1880, la Sardaigne a produit 23 590 kilogrammes; en 1887, 34 000. Le continent ne fournit qu'une très faible proportion d'argent, extraite de galènes argenti-

[1] Voir t. I, p. 660; t. II, p. 258.

[2] Voir plus haut, page 387.

fères. La mine de Bottino, en Toscane[1], a fourni : en 1800, 878 kilogrammes d'argent; en 1879, 452 kilogrammes[2].

L'argent métallique (34 248 kilogrammes en 1890), obtenu en Italie, vient de l'usine de Lerici (Pertusola), province de Gênes.

**Belgique.** — L'argent produit en *Belgique* provient presque exclusivement de minerais importés; on peut cependant rappeler la présence de la galène argentifère dans les mines de Bleiberg, Landenne, Welkenraedt, etc.

**Colombie.** — En *Colombie*, ou Nouvelle-Grenade, nous citerons les mines de l'Etat de Tolima qui donnent environ un million de francs d'argent par an.

**Angleterre.** — L'*Angleterre*, comme la Belgique, extrait surtout l'argent de minerais importés; cependant les galènes produites par ses mines en fournissent également une faible quantité :

| | Minerai de plomb. | Argent |
|---|---|---|
| 1876. . . . . | 80 362 tonnes | 15 035 kg. |
| 1877. . . . . | 82 143 — | 15 468 — |
| 1878. . . . . | 78 588 — | 12 361 — |
| 1879. . . . . | 67 947 — | 10 377 — |
| 1880. . . . . | 73 401 — | 9 191 — |

En 1891, les Iles Britanniques ont produit 18 437 kilogrammes d'argent.

**Russie.** — En *Russie*, l'argent, provenant de l'Asie, est extrait de quatre groupes principaux de mines[3] :

1° Celui de *Kolivan* ou de l'Altaï, dans le gouvernement de Tomsk;

2° Celui de *Nertschinsk*, le plus important, ou district du lac Baïkal;

3° Celui de *Kirgis*, districts de Akmollinsk, Semipalatinsk;

4° Celui du *Caucase*, district de Tersk.

[1] Voir page 560.

[2] On trouvera dans d'Achiardi (I metalli loro minerali, t. I, p. 155) un exposé détaillé des gisements argentifères d'Italie.

[3] Voir page 562.

La production moyenne a été, de 1867 à 1876, de 13 150 kilogrammes; en 1879, de 11 200; en 1888, de 15 382; en 1891, de 14 562.

**Australie.** — L'*Australie* tend à devenir un centre de production important de l'argent depuis la découverte faite, en 1883, du district de Silverton (Brokenhill). Cette mine a donné, en 1890, 200 000 tonnes de minerai à 1 274 grammes d'argent à la tonne. Auparavant, la production de l'île était la suivante :

| | | |
|---|---|---|
| 1875 | 1 634 | kilogrammes. |
| 1876 | 2 141 | — |
| 1877 | 976 | — |
| 1878 | 1 883 | — |
| 1879 | 2 586 | — |
| 1880 | 2 843 | — |
| Production totale de 1870 à 1880 | 20 776 | kilogrammes. |

**Canada.** — Au *Canada*, on peut citer les mines de Suffield, près de Sherbrooke, découvertes en 1860; celles de Victoria, trouvées en 1875, etc. La production était, en 1880, de 18 000 kilogrammes; en 1888, elle a été de 13 384.

**Scandinavie.** — En *Suède et Norvège*, l'argent vient surtout des mines de Kongsberg et de Sala, ces dernières décrites au plomb[1].

Kongsberg, découvert en 1623, avait produit, en 1840, 917 557 kilogrammes d'argent, dont les quatre cinquièmes en argent natif. La production a été, en 1885, de 7 320 kilogrammes; en 1888, de 5 963. La production de la Suède a été, en 1891, de 5 748 kilogrammes.

**République Argentine.** — La *République Argentine* contient de nombreux gîtes d'argent encore peu exploités : Argentina et Rara-Fortuna dans le district de Cordoba; Mercédès et Desgraciada dans celui de Castamarca; Animas et Santo-Domingo dans celui de San-Juan; Cerro-Negro, Mejicana, etc., dans le district de Rioja, l'un des plus importants; Cachenta dans celui de Mendoza, etc.

Page 611.

## MINERAIS D'ARGENT

Les *minerais d'argent* appartiennent à deux catégories bien distinctes : les minéraux d'argent proprement dits et les minerais divers, où l'argent n'est souvent qu'un élément minéralogique secondaire, tout en devenant le but essentiel de l'exploitation.

Parmi les minéraux d'argent proprement dits, nous citerons :

L'*argent natif*, qui forme les quatre cinquièmes de la production de la mine de Kongsberg en Norvège, qu'on rencontre associé au cuivre dans les gisements du lac Supérieur[1] et qui se présente fréquemment, comme corps accessoire, dans les parties hautes des filons argentifères ;

Puis les minerais sulfurés :

L'*Argyrose*, ou argent sulfuré : $Ag^2S$, tenant 87 p. 100 d'argent, exploité au Mexique, au Chili, au Pérou, au Comstock et, accidentellement, l'*Acanthite* de Freiberg, $Ag^2S$ ; la *Stromeyérite* et la *Jalpaite* ($Ag^2S$, $Cu^2S$), etc...

Les *argents noirs* (sulfo-antimoniures) :

La *Polybasite* ($Ag^9SbS^6$), tenant de 74 à 72 p. 100 d'argent avec 3 à 10 de cuivre, un peu de fer et de zinc, rencontrée à Freiberg, à Przibram, à Schemnitz, au Mexique, au Nevada ;

Et la *Psaturose* ou *Stéphanite* ($Ag^5SbS^4$), tenant 68,4 p. 100, qui forme un véritable minerai au Comstock et se rencontre aussi à Zacatecas, Przibram, etc... ;

Les *argents rouges :*

Argent rouge antimonial, ou *Argyrythrose* ($Ag^3SbS^3$), tenant 60 p. 100 d'argent, fréquent à Andreasberg, Przibram, Schemnitz, Chanarcillo, au Mexique, etc... ;

L'argent rouge arsenical ou *Proustite* ($Ag^3AsS^3$), tenant 65 p. 100 d'argent, plus exceptionnel, formant pourtant des filons à Chanarcillo (Chili) ;

Les *minerais chlorurés*, *bromurés*, etc., constituant la partie

[1] Voir page 309.

supérieure d'un grand nombre de filons, surtout au Mexique, au Chili, au Pérou :

La *Cérargyrite* ou *argent corné* (Ag Cl);

La *Bromite* (Ag Br), etc...

Les *minerais complexes*, d'où l'on extrait, en outre, de l'argent, sont principalement : la galène, presque toujours argentifère, tenant de 0 à 0, 72 p. 100 d'argent et les cuivres gris, ou tétraédrites, arrivant à tenir 29 p. 100 d'argent. Les pyrites de cuivre renferment également parfois une certaine proportion d'argent; la blende, plus rarement; enfin un grand nombre de minerais aurifères contiennent un peu d'argent associé à l'or : en particulier, les tellurures d'or, qui en renferment jusqu'à 14 p. 100.

Nous décrirons, en premier lieu, les gîtes d'argent à minéraux d'argent proprement dits, tous filoniens, en distinguant deux grandes catégories : ceux à gangue de calcite et ceux à gangue de quartz; puis, nous rappellerons sommairement ce qui concerne les gisements de galène argentifère, tous décrits au chapitre du *Plomb*[1], ainsi que ceux de blende et de pyrite de cuivre argentifères, et nous étudierons enfin les cuivres gris argentifères réservés pour ce chapitre.

## 1° FILONS D'ARGENT A GANGUE DE CALCITE

**Généralités.** — L'argent paraît avoir, dans un grand nombre de gisements, une véritable affinité pour la chaux, bien qu'il existe également, comme nous le dirons, de très nombreux filons d'argent à gangue quartzeuse, notamment la plupart de ceux de l'Amérique du Nord.

Nous nous contenterons de rappeler, tout d'abord, que, dans les champs de filons de Saxe comme dans ceux de Bohême, on constate souvent l'existence d'une venue calcaire ou dolomitique postérieure à la venue quartzeuse et que les minéraux d'argent proprement dits sont, en bien des points, en relation avec elle[2].

[1] Voir plus haut, page 488.

[2] Voir page 596. — Il faudrait se garder de donner à cette remarque trop de géné-

C'est ainsi qu'à *Freiberg*[1] il existe de véritables minéraux d'argent, avec une dolomie récente; on en a, par exemple, rencontré, dans la mine Himmelfahrt, un amas de 50 mètres de long, composé principalement d'argent rouge antimonial et arsenical, d'argent sulfuré et d'argent natif avec dolomie. Cet amas, dont la valeur a dépassé 5 millions, s'est terminé, en haut et en bas, par des masses de galène pauvre; l'enrichissement en argent, en même temps que l'abondance de la dolomie, semblent liés, jusqu'à un certain point, au voisinage des Grünstein (Obergrüna, Siebenlehn, Roswein, Brand, etc.).

La dolomie apparaît également dans les dernières phases du remplissage de l'edlequartz formation (qui contient parfois de l'argent rouge en druses) et dans l'edlebraunspath formation. Freiberg a fourni, en 1878, 36 708 kilogrammes d'argent; en 1891, 34 499 kilogrammes.

A *Annaberg*, la venue argentifère se retrouve (argent rouge, argent sulfuré, argent natif), avec de la dolomie.

A *Joachimsthal* enfin, c'est la venue argentifère ($V_3$) qui domine, venue argentifère récente succédant aux remplissages cobaltifères ou nickélifères du type Schneeberg. Non seulement, cette venue est à gangue dolomitique; mais il s'est produit un enrichissement à la rencontre d'un banc de cipolin intercalé dans les micaschistes.

Mentionnons, de même, qu'à *Vialas* (Lozère) le remplissage des filons $H_3$, qui étaient particulièrement argentifères, contenait de la calcite avec de la barytine rose.

Les gisements de galène, subordonnés aux terrains calcaires et présentant des phénomènes de substitution ou d'imprégnation, sont souvent très riches en argent :

Ainsi, à *Sala* (Suède)[2], dans des cipolins, le plomb tient, en moyenne, près de 700 grammes d'argent aux 100 kilogrammes. On a pu, d'ailleurs, constater là, par les dissolvants, qu'outre l'argent incorporé dans la galène, il y en avait une certaine quantité à l'état libre.

ralité; les filons de galène argentifère de Przibram, du Harz et de bien d'autres régions sont principalement quartzeux.

[1] Voir page 587.

[2] Page 611.

En Amérique, on sait que les carbonates de plomb d'*Eureka* (Nevada), dans les calcaires siluriens, sont généralement très riches en argent et souvent en or (en moyenne, pour une année, 856 grammes d'argent et 49,44 grammes d'or par tonne de minerai). Les carbonates rouges tiennent à peu près autant d'or que d'argent : 130 à 260 francs de chacun par tonne; les carbonates jaunes, jusqu'à 500 francs des deux; le *sulfuretore* (cérusite impure), jusqu'à 625 francs d'argent, mais peu d'or.

A *Leadville* (Colorado), dans le calcaire carbonifère inférieur, la teneur en métaux précieux est considérable : 278 231 tonnes de plomb, fondues de 1877 à 1884, ont donné 1 589 283 kilogrammes d'argent et 3 204 kilogrammes d'or : soit $5^{kg},700$ d'argent et 11 grammes d'or à la tonne de plomb; à la mine Fryer-Hill, la teneur est de $1^{kg},960$ à la tonne de minerai, à Carbonate Hill (Evening Star), de $1^{kg},170$, etc.

Dans le même ordre d'idées, nous allons décrire, en Europe, comme filons à gangue de calcite, les grandes mines d'argent natif de Kongsberg (Norvège); d'argent natif, argyrose, stéphanite et galène argentifère du Sarrabus (Sardaigne); les gisements inexploités de Guadalcanal (Espagne), des Chalanches (Isère); en Amérique, on pourrait, jusqu'à un certain point, en rapprocher certains filons d'argent post-jurassiques du Chili, du Mexique, etc., où l'argent, à l'état libre, est associé avec de la calcite; mais ces derniers gisements se distinguent par l'abondance plus ou moins grande du cuivre gris argentifère, ce qui nous les fera rattacher à un autre groupe [1].

## MINES D'ARGENT DE KONGSBERG (NORVÈGE) [2]

La petite ville de Kongsberg, siège de la direction des mines d'argent natif de Norvège, est située au S.-O. de Christiania, sur la rive droite du Langenelv. Le district minier occupe une superficie d'environ 430 kilomètres carrés. Découvert en 1623 et exploité,

[1] Voir plus loin.

[2] Notes de voyage de l'auteur en 1890. — Nous avons eu fréquemment recours à un mémoire de M. Rolland. (*Ann. d. M.* 1877.) — Coll. *Ecole des Mines*, 1564 et 1743.

depuis ce moment, presque sans interruption, ce gisement d'argent est, aujourdhui encore, d'une réelle importance. Il se présente sous la forme de filons minces de calcite et argent natif encaissés dans les gneiss et schistes cristallins et enrichis à la rencontre de *Fahlbandes* (zones d'imprégnation pyriteuse).

**Géologie générale.** — Le district de Kongsberg (représenté figure 350) comprend : à l'Est, des gneiss (Grundfjeldet) ; à l'Ouest, du granite ; au centre, une bande N.-S. de gabbro éruptif ; au Sud, un peu de silurien.

Le *gneiss*, ou *roche fondamentale* (Grundfjeldet), présente, en Norvège, d'après les travaux de Kjérulf, deux étages principaux[1] : au sommet, les schistes cristallins (correspondant à notre étage français de micaschistes ($\zeta^2$), mais moins développés que lui, à ce qu'il nous a semblé, dans les coupes que nous avons pu observer) et, à la base, le gneiss gris. Le granite ancien, souvent feuilleté lui-même, ne traverse que ce gneiss : il est « antétaconique ».

Le gneiss de Kongsberg, très analogue à certains gneiss compacts de notre plateau central, apparaît rayé de blanc et de noir par les plans alternants de quartz, feldspath et mica[2]. Les schistes associés sont, soit quartzeux, soit micacés, soit amphiboliques, ils contiennent souvent beaucoup de grenats. La direction générale est N.-S., avec inclinaison très forte vers l'Est.

Le *granite* ancien, parfois feuilleté, traverse le gneiss sur quatre points principaux et forme quatre îlots, dont l'un sépare le Telemark de Kongsberg.

Dans ce granite ancien, l'orthose rouge prédomine, La structure feuilletée tient à l'orientation du mica. Il renferme parfois des débris de schistes environnants. A la surface, il est arrondi, poli et peu accidenté. On en trouve de gros blocs sur le flanc des collines.

Le *gabbro* a une structure granitique. Il contient essentiellement, d'après MM. Fouqué et Michel Lévy, du labrador, du diallage brun clair (parfois transformé en serpentine), de l'amphibole, (actinote vert bleuâtre et hornblende verte) et du biotite : ces trois

[1] Voir plus haut : t. I, p. 705, et carte de Norvège, p. 704.
[2] Cf. Rolland. *Loc. cit.*, p. 409.

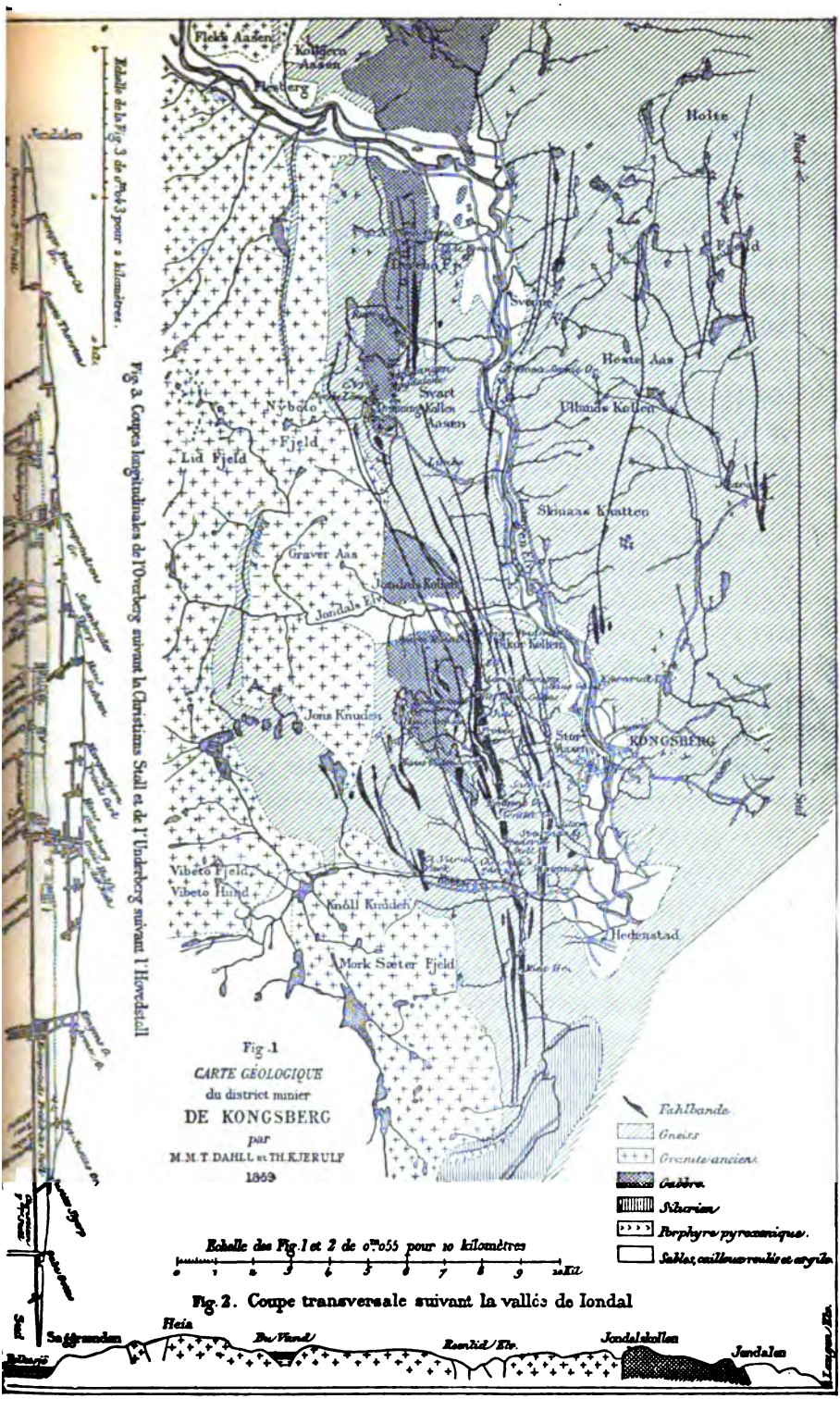


Fig. 1
CARTE GÉOLOGIQUE
du district minier
DE KONGSBERG
par
M.M.T. DAHLL et TH. KJERULF
1859
Fig. 2. Coupe transversale suivant la vallée de Iondal
Fig. 3. Coupes longitudinales de l'Overberg suivant la Christians Stoll et de l'Underberg suivant l'Hovedstoll
Echelle des Fig. 1 et 2 de 0m055 pour 10 kilomètres
Fahlbande
Gneiss
Granite ancien
Gabbro
Silurien
Porphyre pyroxenique
Sables, cailloux roulés et argile
Fleks Aasen
Kollgern Aasen
Flesberg
Holte
Fjeld
Svenne
Hoste Aas
Ullands Kollen
Svart Aasen
Nyboto Fjeld
Lid Fjeld
Skinaas Knatten
Graver Aas
Jondals Kollen
Jondals Elv
Bikor Kollen
Jons Knuden
Stor Aasen
KONGSBERG
Vibeto Fjeld
Vibeto Hund
Knöll Knuden
Hedenstad
Mork Sæter Fjeld
Nord
Sud
Heia
Du Vand
Jondalskollen
Jondalen

Fig. 350.

derniers minéraux renfermant des dessins hébraïques de fer titané. Les éléments accessoires sont le fer titané, le sphène et l'apatite. La couleur générale du gabbro est verdâtre. Il peut être à très gros grains. A Kongsberg, il est injecté au contact du granite ancien et de la roche fondamentale. Il apparaît en beaucoup de points de la Norvège méridionale, à Karmö, Oddegaarden [1], Sannikedal, Sœndelœr, etc.

En outre, les roches de Kongsberg sont traversées, çà et là, par des dykes de *syénite* et de porphyre. Le syénite est à grain fin ; sa couleur générale est grise. Elle renferme du feldspath triclinique, du quartz granulitique, du mica noir, de l'amphibole verte et du grenat.

Le *porphyre noir* (appelé aussi grünstein) est analogue aux porphyres noirs de la série intermédiaire, qui ont fait éruption, pendant la période anthracifère, dans le plateau central de la France, notamment à celui de Montmartin (Puy-de-Dôme). On peut constater, assez nettement, à la mine de Kongsberg, qu'il est recoupé par les filons argentifères [2].

**Rôle des fahlbandes à Kongsberg.** — On appelle, en général, *fahlbande* ou zones heureuses, des zones d'imprégnation dans une roche quelconque.

D'une façon plus spéciale, on désigne ainsi certaines roches contenant des sulfures métalliques à l'état d'imprégnation fine et souvent imperceptible à l'œil, se traduisant toujours à l'air par une couleur de rouille plus ou moins intense. En plusieurs régions de la Norvège, ces fahlbandes contiennent de véritables gîtes de métaux sulfurés, tels que les mines de cuivre de Röraas, Foldal, Vigsnaes, les mines de cobalt de Modum, les mines de cobalt de Skutterud, les pyrites de Kiesgrube près Kongsberg [3].

A Kongsberg même, l'imprégnation porte exclusivement sur les schistes et le gabbro, jamais sur les gneiss. Elle est maxima

[1] Voir t. I, p. 330, son rôle au voisinage des gisements d'apatite.

[2] Voir à l'École des mines, l'échantillon, n° 1743-3.
Cf. Rolland, p. 461.

[3] Voir plus haut, p. 86, 287, etc., 1843. — Cf. Daubrée. (*Ann. d. M.*, 4e, t. IV.)
1849. Durocher. (*Ann. d. M.*, 4e, t. XV.)
1854. Duchanoy. Gisem. et trait. des minerais de cuivre en Norvège. (*Ann. d. M.*, 5e, t. V, p. 181.)

dans les schistes micacés, moyenne dans les schistes amphiboliques, minima dans les schistes quartzeux. Les sulfures, qui la composent, sont la pyrite de fer, la pyrite magnétique, la pyrite de cuivre, la gahnite, plus rarement la blende, le cuivre panaché et le mispickel.

On distingue, à Kongsberg, sur une longueur de 25 kilomètres et une largeur de 12, huit de ces fahlbandes, dont les principales sont l'*Unterberg* (62 mètres de puissance) et l'*Overberg* (plus de 300 mètres de puissance). Elles ont exercé, sur le remplissage des filons métallifères qui les croisent, une action enrichissante en argent, bien marquée et très caractéristique.

Leur origine est, d'après Kjérulf, la suivante :

Lors des soulèvements de granite ancien et de gabbro, la roche fondamentale de Kongsberg a été plissée et comprimée; les schistes, moins résistants, ont été étirés et ont donné lieu à des *zones de froissement*, comparables au ruschels du Harz[1], et encaissées dans le gneiss gris. Quand sont venues les émanations sulfureuses, elles ont trouvé, dans ces zones de froissement, un chenal, et les ont pyritisées, la roche y étant spongieuse et la substance plus propre au dépôt, tandis que le gneiss gris s'opposait à l'imprégnation par sa nature physique et chimique.

MM. Kjérulf et Dahll ont cru pouvoir admettre que les chenaux d'émanation des sulfures métalliques étaient dus à l'éruption du gabbro; car il semble y avoir quelque relation de position entre les fahlbandes et le gabbro. De plus, le gabbro est souvent accompagné de sulfures métalliques[2], et ceux-ci sont identiques aux principaux sulfures d'imprégnation des fahlbandes, pyrite de fer, pyrite cuivreuse, pyrite magnétique. Le gabbro a joué, en effet, un rôle peu contestable dans la formation d'un grand nombre de gisements métallifères norvégiens; néanmoins, à Kongsberg, les ingénieurs de la mine sont aujourd'hui peu disposés à croire à son influence.

A l'appui de la théorie de Kjérulf, M. Rolland a cité les faits suivants :

1° A *Bamble*, sur la côte Sud-Est, dans la mine de Mienkjoer

[1] Voir page 578.

[2] Voir, sur les gabbros de Norvège, p. 295.

(fig. 351), on trouve, au contact des schistes fondamentaux et du gabbro, une écorce de pyrite magnétique nickélifère avec cristaux de pyrite cuivreuse et de pyrite cobaltifère contournant les limites irrégulières de la roche primitive et atteignant, par points, $1^{m},80$ de puissance. Le gabbro est imprégné des mêmes sulfures dans toute sa masse.

2° Près de Kongsberg, la mine de pyrite de *Steenstrup* présente des phénomènes analogues.

3° Le gîte de *Visgnaes* dans l'île de Karmö, décrit plus haut au chapitre du *Cuivre* [1], présente une masse volumineuse de pyrite

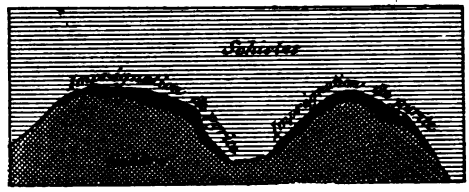


Fig. 351. — Plan du gîte de Mienkjœr (Norvège).

de fer massive, avec filets de pyrite cuivreuse et stries de blende, encaissée entre des schistes métamorphiques, qui sont imprégnés : du côté Sud, sur 18 mètres de puissance, jusqu'à une grande masse de gabbro également pyritisée ; du côté Nord, au contraire, sur une épaisseur très faible.

**Historique et Production.** — C'est en 1623, comme nous l'avons dit, que l'argent fut découvert à Kongsberg. Vers le milieu du siècle dernier, époque de la plus grande activité de cette mine, le nombre des ouvriers employés était de 4 000. Mais, à partir de 1770, il y eut constamment déficit, de sorte qu'en 1805, l'Etat, possesseur des mines, se décida à arrêter les travaux. La production d'argent, de 1623 à 1805, avait été de 542 830 kilogrammes d'argent fin. En 1815, l'exploitation fut reprise et, en 1843, la production atteignit 11 000 kilogrammes ; depuis, elle a constamment baissé jusqu'en 1876, où elle était de 4 000 kilogrammes ; puis elle a remonté jusqu'en 1884 ; aujourd'hui l'on produit environ 6 000 kilogrammes.

[1] Page 292.

**Allure générale des filons métallifères.** — Les filons argentifères de Kongsberg résultent d'un système de fractures ayant agi sur un vaste espace; les fentes innombrables (plus de 500), qui sont distribuées sur l'étendue du district minier, ont, toutes ou presque toutes, une direction sensiblement E.-O. et un plongement presque vertical.

Leur puissance, extrêmement faible en général, est de $0^m,005$ à $0^m,20$. Les filons ne sont pas argentifères dans toute l'étendue de leur plan, mais seulement suivant des colonnes à peu près verticales, dont la largeur varie de 1 à 40 mètres. De plus, les colonnes d'enrichissement des divers filons parallèles peuvent se grouper de manière à former des zones riches, sensiblement parallèles entre elles, de direction N.-S., comme la stratification et de même plongement presque vertical. Ce sont ces zones riches, correspondant à des zones pyriteuses des schistes encaissants, que les anciens appelaient fahlbandes, nom qui a été depuis réservé pour les schistes imprégnés de pyrites eux-mêmes. On peut distinguer, à Kongsberg, trois districts : l'Overberg florissant, Vinoren et Underberg abandonnés.

**A. Description du district de l'Overberg.** — C'est sur l'Overberg qu'on trouva, en 1623, les premières traces d'argent. La première mine exploitée (actuellement à 650 mètres de profondeur), dite *mine du Roi* (Kongensgrube)[1], est, avec la mine Hülfe gottes, la seule qui soit aujourd'hui prospère. Elle a produit des quantités d'argent considérables.

Toutes les mines, au nombre d'une trentaine, autrefois exploitées, étaient alignées sur la grande fahlbande de l'Overberg.

Les filons argentifères de l'Overberg, reconnus en 1875, étaient au nombre de 271. Leur direction moyenne est de 120° E. Leur puissance générale est très faible, en moyenne de $0^m,015$; le plus grand a $0^m,3$ à $0^m,6$. Chaque filon se ramifie en plusieurs branches. Les filons eux-mêmes se réunissent souvent entre eux. L'aspect général est, tout à fait, celui des veines calcaires de formation récente qu'on trouve dans tous les affleurements de

[1] Voir figure 350.

schistes fissurés. Il est frappant de voir ce réseau de veines, souvent minces comme une feuille de papier, persister, sans variation, sur plus de 600 mètres de haut.

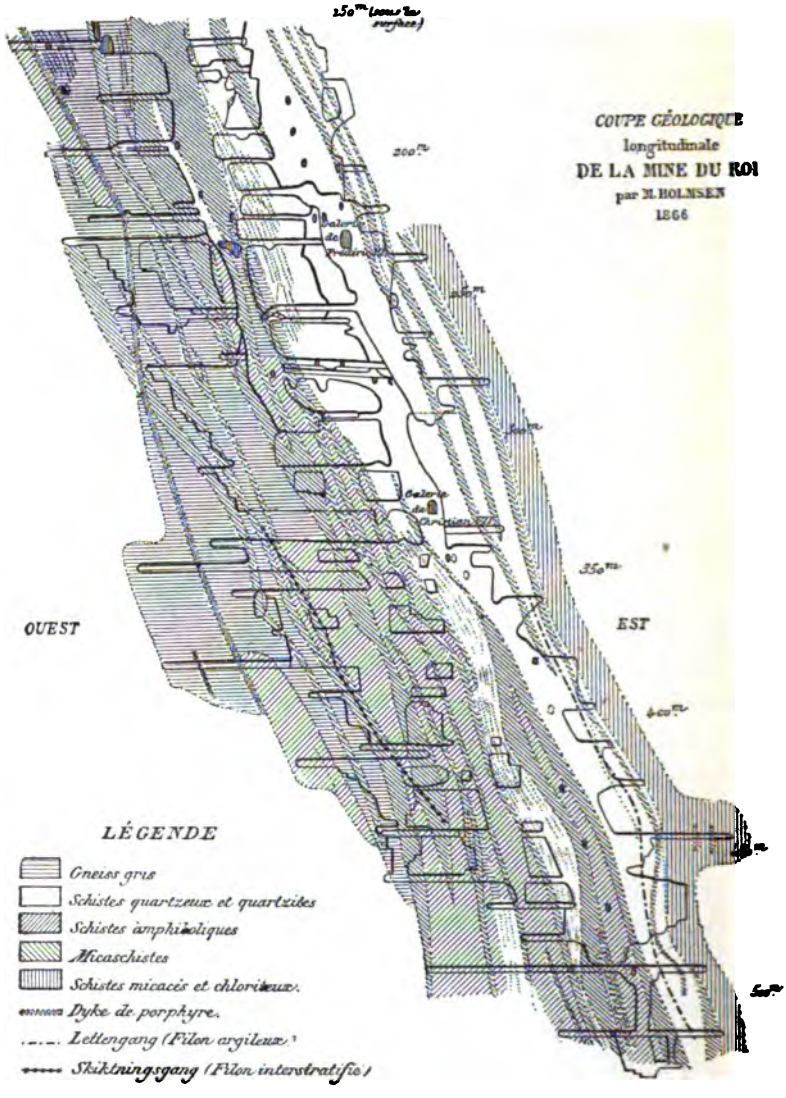



Fig. 352.

L'exploitation porte sur deux systèmes de filons, que nous retrouverons à peu près identiquement les mêmes dans les mines

de Vinoren : l'un de calcaire bitumineux argentifère, l'autre de calcaire blanc lamelleux, considéré autrefois comme stérile. Ces deux systèmes sont distincts, et les filons lamelleux sont, comme l'a montré M. Andresen, postérieurs aux filons argentifères. Au point de vue de la stérilité du calcaire lamelleux (Schieferspath), qu'on retrouve à Vinoren, on est aujourd'hui beaucoup plus réservé qu'autrefois, sans néanmoins affirmer l'inverse. Il est certain qu'on y a trouvé, plusieurs fois, de l'argent ; mais, étant donnée l'infinie multiplicité des veines de l'autre calcaire argentifère, on ne pouvait jamais affirmer qu'on fût assez loin de l'une d'entre elles pour qu'elle n'eût pas produit cet enrichissement.

Les filons de calcite argentifère ont, comme nous l'avons vu, une puissance variable mais toujours faible ($0^m,005$ à $0^m,30$). Les filons de calcaire lamelleux ont une puissance plus considérable et plus constante.

Le remplissage des filons argentifères se compose essentiellement de chaux carbonatée spathique. Celle-ci est toujours plus ou moins bitumineuse, de couleur allant du gris au noir. Les autres matières, très rares en somme, sont : la barytine cristallisée en tables, le quartz, le spathfluor, et, en moindre quantité, la blende, la galène, la pyrite magnétique, le mispickel et la pyrite de cuivre.

L'argent se rencontre principalement à l'état d'argent natif et, un peu, à l'état d'argent sulfuré. L'argent natif est, le plus souvent, en grains parsemant le calcaire ou en fils minces hérissant la cassure de la roche. Le sulfure d'argent est généralement amorphe. On a trouvé aussi, exceptionnellement, de l'argent rouge en prismes hexagonaux et du sulfo-antimoniure d'argent.

Le remplissage des filons stériles est beaucoup plus simple ; le calcaire lamelleux, blanc de lait, y existe presque seul ; le quartz s'y trouve en sous-ordre. La pyrite de fer est assez abondante. Le remplissage est tendre et s'émiette facilement. M. Daubrée a remarqué, dans les filons d'argent de Kongsberg, la présence, assez curieuse, d'anthracite moulé au milieu de la chaux carbonatée et de l'argent natif, sous des formes qui annoncent qu'il a passé par un état de mollesse. Ces fragments présentent l'aspect de bois soumis à l'action de l'eau suréchauffée. Il a également

appelé l'attention sur la présence de zéolithes dans le remplissage.

Le remplissage argentifère pénètre, le plus souvent, entre les strates et les clivages des schistes encaissants, jusqu'à 2 et 3 mètres. On trouve fréquemment ainsi de grandes feuilles d'argent natif de 1 à 2 millimètres d'épaisseur, interstratifiées sur le côté du filon. C'est un fait sur lequel on s'est fondé, comme nous le dirons, pour supposer que la minéralisation était venue par les fahlbandes.

Dans le filon à remplissage de calcite et d'argent, l'argent forme, soit de petites veines, soit de petits cristaux isolés, ou encore une sorte d'enduit de cristaux qui, sous le doigt, font l'effet d'une râpe. A moins d'une très grande habitude, ce n'est guère que par le toucher qu'on peut reconnaître l'existence du métal précieux, en général très rare dans le remplissage. Aussi, dans les chantiers qu'on ouvre très grands pour ne laisser perdre aucune des innombrables ramifications filoniennes, des ouvriers spéciaux sont-ils constamment occupés à inspecter les parois en les lavant avec soin et à marquer, à la craie, les points argentifères.

A Kongensgrube, la période de richesse maxima s'est présentée entre 360 et 475 mètres de profondeur dans l'Hovedgang. La puissance du filon était alors de $0^{m},60$ en moyenne. Vers 530 mètres, on y a, de même, retrouvé, en 1867, un amas d'argent qui, en un seul coup de mine, a donné 500 kilogrammes d'argent en deux blocs formés d'argent sulfuré recouvert d'une écorce d'argent natif et contenant des druses avec pyrite de cuivre, galène et rhomboèdres de calcite. Après une période pauvre, la partie comprise entre 540 à 552 mètres a été, de nouveau, très riche.

De même, à la mine Hülfe Gottes, actuellement prospère, on a trouvé, en 1885, un amas de 42 mètres de large d'où l'on a retiré plus de 300 kilogrammes d'argent; des échantillons de cet amas montrent des druses avec cristaux de calcite en scalénoèdres aigus perpendiculaires aux épontes, ou en grands rhomboèdres, quelques cristaux de fluorine posés dessus et de l'argent en houppes ou en rameaux, avec toutes les formes bien connues des minéralogistes, accrochés de tous côtés.

L'argent de Kongsberg renferme environ $\frac{1}{10\,000}$ d'or, qu'on a renoncé à extraire après des essais infructueux fais à Hambourg.

**B. District de Vinoren.** — Ce district comprenait, autrefois, de nombreuses mines, dont la plupart sont abandonnées ; les plus importantes sont celles de l'Hovedgrube, au nombre d'une dizaine.

L'allure des gisements, les dimensions des filons et la nature de leur remplissage étaient tout à fait analogues à ce que nous venons de décrire à l'Overberg.

Dans l'Hovedgrube, se rencontre un dyke de syénite recoupant le gabbro. Les filons traversent le gabbro et la syénite ; le remplissage ne diffère pas dans les deux roches, sauf qu'il n'y a jamais trace d'argent dans la syénite.

**C. District de l'Underberg.** — Sur l'Underberg, il y avait jadis une trentaine de mines, toutes abandonnées aujourd'hui, mais qu'on songe à reprendre.

Les filons, en grand nombre (plus de 200), de l'Underberg, plongent dans des sens variables, tantôt Nord, tantôt Sud. Ils sont parfois quartzeux et, de plus, légèrement aurifères, au lieu d'être exclusivement carbonatés et argentifères comme à l'Overberg.

**Genèse des filons de Kongsberg.** — Rappelons d'abord deux dictons des mineurs de Kongsberg : « Dans le gneiss gris, pas d'argent », et « sans fahlbande, pas d'argent. » Dès lors, la théorie, généralement admise pour la genèse des filons de Kongsberg, est la suivante :

Ces filons doivent leur remplissage à des émanations et à des sources venues d'en bas. La calcite a été le véhicule de l'argent, le quartz celui de l'or.

Il faut distinguer, dans l'histoire géologique du Kongsberg, deux sortes d'émanations.

En premier lieu, l'éruption du gabbro aurait ouvert l'ère des émanations de pyrite de fer et autres sulfures métalliques, auxquelles sont dues les fahlbandes. Ces éruptions auraient cessé ; puis, après un laps de temps impossible à évaluer, aurait eu lieu le mouve-

ment auquel serait dû le système des filons ; ce mouvement aurait inauguré une nouvelle ère d'émanations de calcite argentifère, avec matières bitumineuses, barytine, spathfluor et sulfures métalliques ; puis, de quartz avec argent aurifère, et, enfin, de calcite lamelleuse avec pyrite de fer.

Tandis que la calcite, le quartz et autres gangues pierreuses se distribuaient indifféremment sur toute l'étendue des fentes, dans le gneiss gris comme dans les schistes, l'argent et, dans une certaine mesure, les autres sulfures métalliques ne se sont déposés qu'à la rencontre des falhbandes, comme si les parties métalliques des émanations avaient été attirées vers les roches métallifères par une réaction chimique ou une attraction électrique [1]. Ce fait s'est confirmé, de plus en plus, au fur et à mesure des progrès de l'exploitation. De même, les filons sont argentifères dans le gabbro et stériles dans la syénite.

D'après Durocher, il serait possible que l'argent eût été apporté par les émanations filoniennes à l'état de chlorure ou de bromure, et que ces corps eussent été décomposés par les pyrites des falhbandes et précipités à l'état d'argent ou sulfure d'argent.

Il convient cependant de remarquer, qu'en 1863, dans un rapport à la chambre des Représentants, M. Kjérulf a formellement nié l'influence enrichissante des fahlbandes et la stérilité constante du gneiss gris ; les recherches, qui furent faites à la suite de cette déclaration, semblèrent donner complètement tort aux opinions du célèbre géologue norvégien, et, depuis lors, l'action des fahlbandes a été, de nouveau, généralement admise.

Une autre hypothèse, autrefois adoptée par M. Daubrée et qui semble un peu abandonnée, admet, au contraire, le fait en lui-même de la présence de l'argent au croisement des fahlbandes, mais l'explique autrement que nous ne venons de le faire, sans admettre l'influence de la roche encaissante sur la distribution du remplissage des filons.

Dans cette théorie, l'argent et les substances métalliques contenues dans les filons auraient été amenés par des émanations laté-

[1] On peut comparer, à ce fait, l'action de cémentation exercée, sur le cuivre du Lac Supérieur, par la magnétite microscopique des roches (p. 317).

rales suivant la fahlbande même. La preuve en serait la présence de feuilles d'argent interstratifiées dans la roche encaissante.

On doit répondre à cela que l'argent et les sulfures, tout en étant concentrés aux fahlbandes, sont disséminés en très faible proportion au sein du remplissage filonien et semblent avoir la même origine que les gangues ; or ces gangues ne sauraient provenir de la fahlbande où l'on n'en trouve pas trace. D'autre part, la fahlbande ne paraît pas argentifère en elle-même, en dehors des filons ou de leur voisinage immédiat et, aux points où on a pu analyser les pyrites qu'elle contient, on a trouvé une teneur presque nulle en argent.

Si l'on veut déterminer l'*âge des venues d'argent* de Konsberg, on se heurte à une impossibilité absolue. Ces filons de calcite et argent sont, en effet, postérieurs à toutes les roches avec lesquelles on les voit en relations : schistes cristallins, syénite et gabbro à l'Hovedgrube ; porphyre noir (grünstein) à Kongensgrube.

On n'a donc, tout au plus, qu'une limite inférieure de cet âge, qu'on serait plutôt porté à croire assez récent.

**Traitement des minerais.** — Quelques mots seulement sur le traitement du minerai :

Le produit de l'extraction subit, sur le carreau de la mine, une préparation mécanique qui donne : 1° argent en morceaux ; 2° schlichs pauvres ; 3° schlichs riches.

1° L'argent en morceaux n'a besoin que d'un raffinage, fait au bas foyer au bois et durant de 10 à 12 heures pour une charge de 400 kilogrammes.

2° Les schlichs pauvres sont fondus avec addition de pyrite de fer, toujours cuivreuse, dans un four à cuve de 4 mètres de haut. La matte obtenue est grillée en stalles à trois reprises, puis fondue avec addition de schlichs riches et de plomb. On obtient ainsi un plomb argentifère, repassé trois fois, puis coupellé et une matte plombeuse qu'on retraite pour cuivre noir ; ce cuivre noir, à son tour, cédant un résidu d'argent à l'électrolyse.

**Production de Kongsberg.** — L'année de production maxima des mines de Kongsberg fut celle de 1833, où elles donnèrent 10 300 kilogrammes.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| De | 1834 | à 1838, | la production moyenne annuelle a été de | 6 440 kg. |
| | 1839 | 1843 | — — | 6 000 — |
| | 1844 | 1848 | — — | 5 500 — |
| | 1849 | 1853 | — — | 4 800 — |
| | 1854 | 1858 | — — | 7 700 — |
| | 1859 | 1863 | — — | 3 760 — |

Depuis 1863, elle s'est tenue aux environs de 37 50 kilogrammes.

En 1876, elle a été exactement de 42 07 kilogrammes.

Les $\frac{7}{8}$ de la production provenaient alors des mines dites « du Roi » (Kongensgrube) et « des Pauvres ».

En 1888, on a extrait 5 960 kilogrammes.

L'Etat possède une partie du district minier et en a vendu une autre partie. Les seules mines du Roi et Hülfe Gottes sont prospères : la mine des Pauvres fait ses frais. Une quatrième, celle de la maison de Saxe, a été reprise il y a une quinzaine d'années; tout le reste est abandonné.

### *Bibliographie.*

1807. Hausmann. — Reise durch Skandinavien, t. II, p. 1.

1839. Böbert. — Uber den Kongsberg Bergbau. (*Karsten's Arch.*, t. XII, p. 267.)

1843. Daubrée. — Mém. sur divers gîtes métallif. de la Suède et de la Norvège. (*Ann. d. M.*, 4e, t. IV, p. 224.)

1846. Scheerer. — (*Berg. u. H. Z.*, cahier complémentaire, p. 73.; cf. *Leonh. Jahrb.*, 1853, p. 720.)

1849. Durocher. — (*Ann. d. M.*, 4e série, t. XV, traduit dans *B. u. H. Z.*, 1855, p. 48.)

1852. Crowe. — *Mining almanack.*

1858. Gurlt. — (*B. u. H. Z.*, 1858, p. 10.)

1860. Kjérulf et Dahll. — Om Kongsbergs Ertsdistrikt. (Traduit en allemand par *Christoptersen Christiania.*)

1862-1863. Delesse et Laugel. — Revue de géologie pour 1862 et 1863, t. III, p. 156.

1862. Cotta, p. 512.

1865. Kjérulf. — Betœnkning af den ved Kongelig resolution af 10 de juli 1865 naadigst nedsalte commission angaaende Kongsberg Sölv vœrk.

1865. Herter. — (*Zeitschr. d. d. geol. Gesell.*, t. XVII, p. 163.)

1865. Homlsen. — Carte géologique.

1866. Scheerer. — (*B. u. H. Z.*, 1866, p. 25.)

1866. Kjérulf et Dahll. — Geologisk kart over det Sonden fjeldske Norge.

1868. Andresen. — Om gangformationen ved Kongsberg. Christiania.

1868. Hjortdahl. — Om untergebet ved Kongsberg. Christiania.

1869. V. Rath. — Neues Jahrb. f. Mineral, p. 434.

1871. Herter. — Zeitschr. d. d. geol. Gesellsch., t. XXIII, p. 383.
1871. Kjérulf. — Roche fondamentale (grundfjeldet) de la Norvège méridionale.
1873. Kjérulf. — Terrain sparagmitique (sparagmitfjeldet) de la Norvège méridionale.
* 1877. Rolland. — (*Ann. d. M.*, 7e série, t. XI, p. 301.)
1879. Groddeck, p. 140 et 294.
* 1887. Daubrée. — Eaux souterraines, t. I, p. 21, 59, 298, 346, 388.
1888. Davies, p. 91.
* 1889. Daubrée. — Géol. expér., p. 178-215.
1890. L. de Launay. — Notes de voyage inédites.

## MINES D'ARGENT DU SARRABUS (SARDAIGNE)[1]

Les importantes mines d'argent du Sarrabus, concédées à la Société de Lanusei, se trouvent au Sud-Est de la Sardaigne, au Sud de l'Ogliastro et à l'Est de Campidano[2]. Les premiers travaux y datent de 1622 ; mais l'exploitation réelle et sérieuse ne remonte qu'à 1870. Elle a produit, depuis ce moment, plus de 20 millions de francs d'argent.

**Géologie générale de la région.** — La région est constituée, dans son ensemble, par une zone de schistes siluriens inférieurs[3], dirigés Est-Ouest, que limite, au Sud, un massif de granite, avec granulite, ayant exercé, sur eux, une action métamorphique et que recoupent des microgranulites, prophyres pétrosiliceux et porphyrites.

On trouve, au milieu de ces schistes, une zone de quartzites très durs, qui ont exercé, sur l'allure des filons métallifères, tant sur la disposition des cassures que sur la circulation des eaux incrustantes, une action de direction remarquable et se trouvent, presque toujours, à leur contact Nord. Quelques lambeaux de calcaires se rencontrent également, mais n'ont pas d'importance pour notre sujet.

D'après un mémoire de M. Traverso, ingénieur de la mine, on

[1] Notes de voyage de l'auteur en 1891. Voir Coll. *École des mines*, nos 1582, 1642, 1658, et carte de Sardaigne, fig. 241, p. 388.

[2] On s'y rend de Cagliari par Muravera (en bateau ou en voiture) et Monte Narba.

[3] Il est possible que quelques-uns de ces schistes soient plus anciens ; on y trouve des schistes amphiboliques, talqueux et chloriteux.

doit interpréter l'histoire géologique du pays de la façon suivante :

Un premier mouvement, post-silurien, peut-être contemporain de la venue des granites (chaîne calédonienne), aurait, comme dans le Plateau Central et en Bretagne, imprimé aux plissements du sol leur sens général. Puis, à une époque indéterminée, les granulites seraient apparues, surtout dans la portion centrale entre Masaloni et Monte Narba et, ensuite, les microgranulites, qu'on voit, dans la même région, recouper les quartzites. Un peu plus tard, les porphyres pétrosiliceux et porphyres à quartz globulaire auraient formé les masses puissantes qui, dans leur ensemble, épousent la direction des schistes. Alors, à une époque que, par assimilation avec la France, on classerait dans le houiller, mais que les géologues italiens préfèrent rattacher au trias, se seraient formés de très nombreux filons minces de porphyrite, de direction générale Nord-Sud, et enfin se seraient ouverts les filons métallifères appartenant à deux systèmes, l'un plus ancien et riche Est-Ouest, l'autre plus récent et presque toujours pauvre Nord-Sud.

C'est sur ces deux systèmes de filons seulement que nous insisterons :

**Filons métallifères.** — Les filons réellement exploités sont des filons Est-Ouest, parallèles aux strates des schistes et en particulier aux quartzites qu'ils suivent au Sud, irréguliers de remplissage, mais prolongés, en somme, malgré beaucoup de discontinuités, sur 40 kilomètres de long, de Baccu Arrodas à Monte Arrubiu. Dans la partie Est, qui est industriellement la plus importante, on compte trois filons parallèles; mais il est rare qu'il y en ait plus d'un (tantôt celui du milieu, tantôt celui du Sud) qui soit minéralisé.

Ces filons présentent des réouvertures très nettes et sont parfois bréchoïdes. On y distingue deux venues métallifères distinctes : la plus ancienne plombeuse (rapportée au trias ?) ; la seconde argentifère (certainement antérieure au lias, que des filons du même système ne traversent pas). A l'Ouest de Giovanni Bonu, les filons pénètrent un peu dans la microgranulite. Ils s'y amincissent rapidement, sans doute à cause de la dureté de la roche, et se trans-

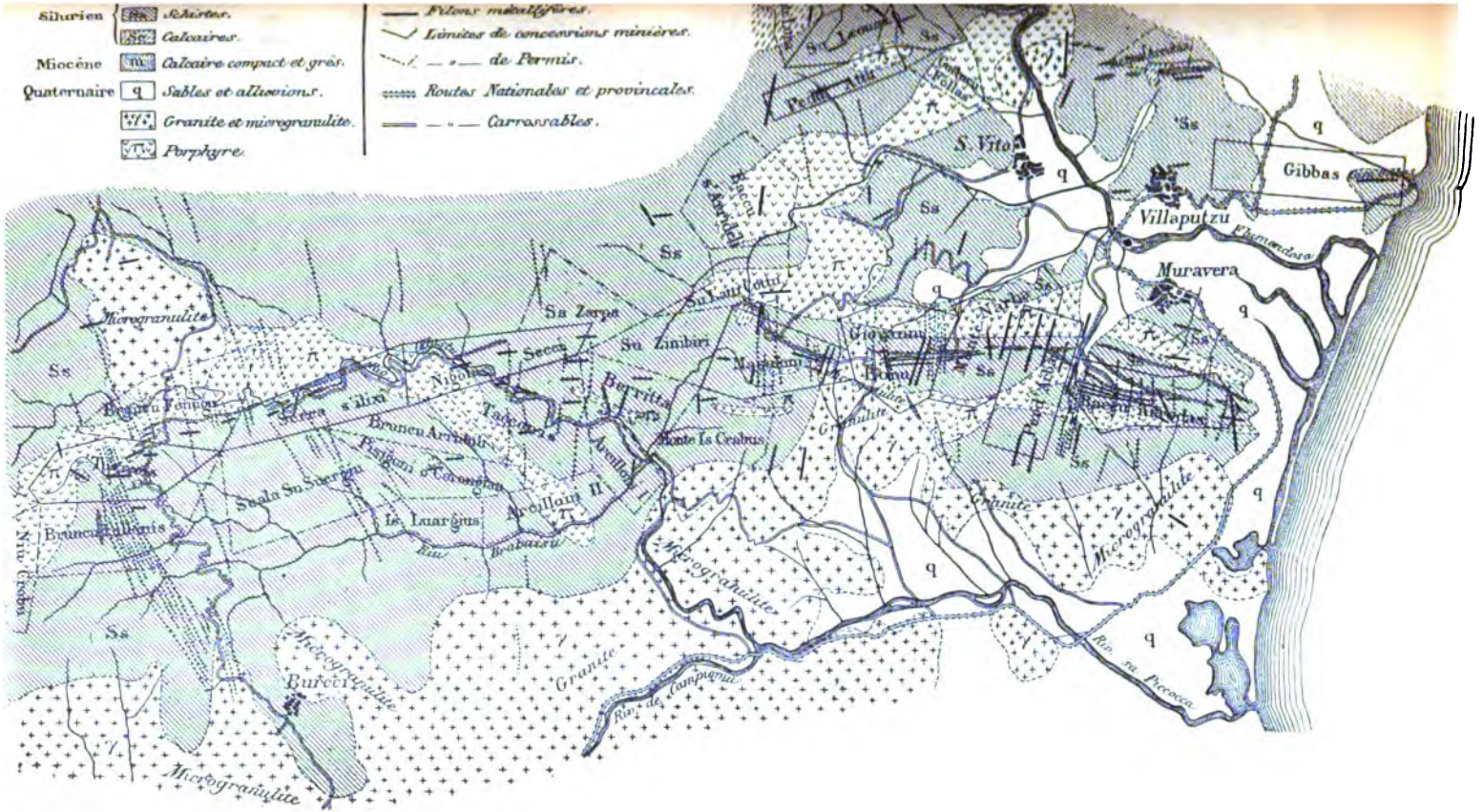



**Fig. 353. — Carte géologique et minière du Sarrabus (d'après M. Traverso).**
**Echelle au $\frac{1}{150.000}$.**

forment en de simples veines barytiques et argileuses. L'épaisseur des filons est d'ailleurs extrêmement variable, depuis un centimètre jusqu'à 2 mètres. A Masaloni, où le filon traverse des granulites, on voit la roche imprégnée, sur une épaisseur de 2 mètres, d'argent natif [1].

Le remplissage ancien comprend, en général, les éléments suivants :

Barytine ancienne, compacte et cristalline, avec galène pauvre à grandes lames, disparaissant en profondeur et remplacée par du quartz. Cette barytine est accompagnée par de la calcite stérile, sombre, cristallisée souvent en scalénoèdres, avec un peu de quartz et de la blende amorphe et pauvre, à grains fins, et très foncée.

Dans le remplissage récent, la barytine est à larges clivages et rosée ; on trouve, avec elle, de la calcite transparente en prismes hexagonaux à pointements variés [2], de la fluorine abondante, de la galène riche, de la blende riche à fracture brillante et des minéraux d'argent proprement dits.

Ces minéraux sont, avec la galène riche, l'argent natif, le chlorure d'argent, l'argyrose, la stéphanite, la pyrargyrite et la proustite.

L'argent natif est en fils, en grains ou en masses atteignant 15 kilogrammes, le plus souvent inclus dans la calcite, la barytine ou la fluorine. On le considère comme résultant de la réduction du sulfure ; cependant, on peut voir des filaments d'argent traversant un cristal de calcite et transformés inversement en sulfure aux extrémités qui sortent de ce cristal.

Le chlorure d'argent est, comme dans tous les gisements similaires, un minéral d'affleurement, dont on explique ici la présence par les imprégnations salines des terrains avoisinants.

L'argyrose est très abondante en beaux cristaux (cubes, octaèdres, etc...) dans les géodes, ou en fines lamelles sur les schistes noirs qui encaissent le filon dans les zones riches. Elle existe aussi en filaments flexibles comme l'argent lui-même, formés de chapelets de cristaux.

[1] Ce minerai très riche, souvent à 15 ou 20 p. 100 d'argent, est dit, à cause de sa teinte, caffé-latte (café au lait).

[2] Avec de nombreuses mâcles étudiées par M. Bombicci.

La stéphanite se trouve surtout en profondeur, et la pyrargyrite et la proustite sur les parois des petites fentes de la gangue.

Comme minéraux accessoires, on peut signaler la pyrite, la marcassite, le mispickel, la chalcopyrite, la nickeline, la cobaltine, la molybdénite, la breithauptite (Ni Sb) et l'ulmannite (Ni SbS).

Le filon, qui a plus d'un mètre de large, a des épontes très nettes et polies. Le remplissage principal y est formé [1] par un brouillage des schistes encaissants, au milieu duquel courent, avec une certaine irrégularité, des veines minéralisées, souvent très minces, pouvant atteindre $0^m,35$ de large.

Les parties riches sont, ou bien des amas (c'est le cas le plus fréquent), ou bien des colonnes assez allongées dans le sens du pendage. Comme à Kongsberg (gisement avec lequel le Sarrabus a quelques rapports), on a cru remarquer une influence de la pyrite, contenue parfois dans les schistes, et des parcelles charbonneuses qui les imprègnent à l'occasion.

Un bon type de colonne riche se trouve à Giovanni Bonu. Elle est inclinée de 80° dans le plan du filon et sa largeur atteint, par endroits, 400 mètres. On y distingue plusieurs colonnes secondaires, dont les intersections sont particulièrement riches. En un point, le filon, au lieu d'être exactement parallèle aux schistes, est plus couché et cette partie, conformément aux lois ordinaires, est pauvre. Il y a également appauvrissement dans les roches trop dures (quartzites) ou trop molles (schistes tendres). Enfin, on observe des enrichissements aux points d'intersection avec les croiseurs et dans les parties où le filon, ayant été dévié un instant de sa direction générale, reprend cette direction.

Les amas sont fort irréguliers : ce qui rend les travaux de recherches multipliés et coûteux. La richesse, qui s'était maintenue très grande jusqu'au 12e niveau (situé par suite de la position du filon dans une montagne, à une faible profondeur au-dessous de la surface), a cessé depuis. A ce niveau, les minéraux d'argent ont disparu avec la calcite et il s'est substitué à eux de la galène avec du quartz.

Les figures ci-jointes précisent les conditions de gisement :

[1] Voir plus loin, pages 801 et suiv., quelque chose d'analogue au Comstock.

354 et 355 représentent, d'après M. Traverso, des coupes transversales prises dans la concession de Giovanni Bonu; 356 et 357,

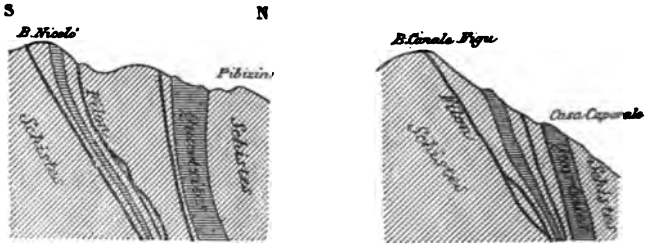



Fig. 354 et 355. — Coupes verticales N.-S. à Giovanni Bonu (d'après M. Traverso). Echelle au $\frac{1}{15.000}$.

la disposition des parties riches sur deux coupes longitudinales. Sur la figure 358, on voit la rencontre du filon Sud avec l'un des

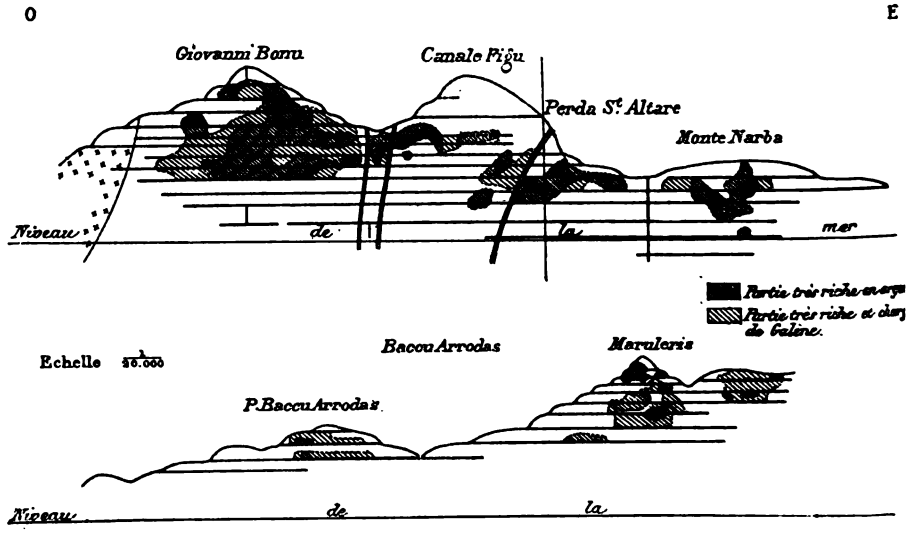



Fig. 356 et 357. — Coupes verticales E.-O. du gîte argentifère du Sarrabus (d'après M. Traverso).

croiseurs barytiques, montrant que le remplissage du croiseur s'est fait entre les deux remplissages du filon.

Enfin, les figures 359 et 360 montrent, en plan, les deux temps de remplissage : dans un cas (360), le croiseur argileux est intermédiaire entre les deux; dans l'autre (359), postérieur. Sur la

figure 361, on voit la veine ancienne et la veine récente séparées par un lit de schistes; la veine ancienne est formée de rognons (patates) pris dans une pâte calcaire plus récente avec salbandes argileuses.

Fig. 358.
Plan horizontal à la mine de Baccu Arrodas.

Au point de vue industriel, nous mentionnerons, de l'Est à l'Ouest, les principales concessions : Baccu Arrodas, Perd'Arba, Monte Narba, Giovanni Bonu, Masaloni, Benita, Tacconis, etc...

Un tableau ci-joint (fig. 362) résume la production et les dépenses de la principale société, celle des Lanusei, qui possède Monte Narba, Giovanni Bonu, etc... Il existe, en outre, une société française, dite de Rio

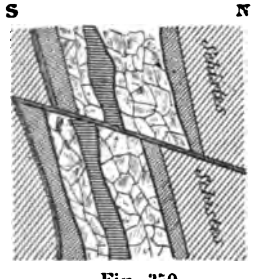



Fig. 359.

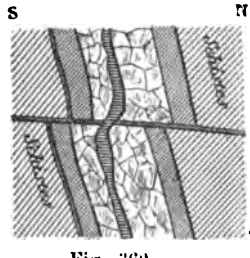



Fig. 360.

Ollastu, d'importance secondaire, mais qui, sur le prolongement de la même zone fracturée, a trouvé, à *Sarcilone*, un remarquable amas de 8 mètres de long, 5 à 6 mètres de large, et 5 à 6 centimètres d'épaisseur, ayant contenu des minerais d'argent avec calcite allant jusqu'à 30 p. 100 d'argent. Ce filon de Sarcilone, encaissé dans les schistes et dirigé Nord-Sud, c'est-à-dire perpendiculairement à ceux de Monte Narba, était stérile aux affleurements.

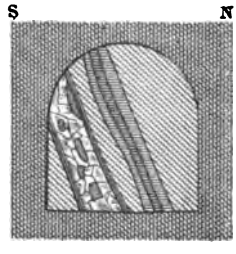



Fig. 361.
Vue d'un front d'avancement où la veine argentifère ancienne (à gauche) et la veine argentifère récente (à droite) sont séparées par un lit de schistes.

On voit, par le graphique 362, que la mine des Lanusei, après avoir atteint, en 1883, un maximum de production de 2 400 000 francs, est retombée, en 1889, à 1 500 000 francs.

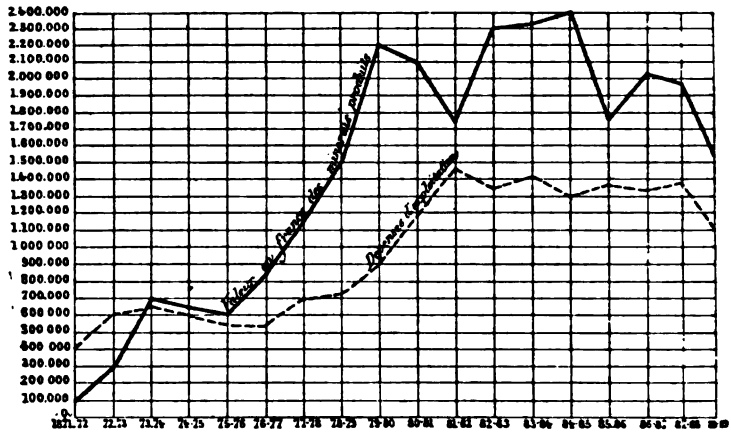



Fig. 362. — Tableau de la production du Sarrabus de 1870 à 1889.

La teneur en plomb des minerais marchands a varié de 32 p. 100 en 1873, à 45 en 1879, 34 en 1881, 38 en 1884, 33 en 1885, 30 en 1888, 34 en 1889.

## *Bibliographie.*

1877. Marchese. — Scoperta min. d'arg. in Sardegna. (*At. R. Ac.*, Lincei (2), 2.)

1877. Bombicci. — Min. d. miniere del Sarrabus. (*Mem. Ac.*, Bologne, 17 mai 1877.)

1880-1881. Traverso. — Giacim. a miner. d'arg. del Sarrabus. (*Ann. Mus. Civico*, Genova, 1880-81, 16, 493.)

1883. d'Achiardi. — I metalli, etc., I, 159.

1890. de Castro. — Decriptione et carta geologica de la zona argentifera del Sarrabus.

1890. Traverso. — Sulla geologia del Sarrabus.

1890. Friedel. — Journal de voyage manuscrit à l'École des Mines.

1891. L. de Launay. — Histoire de l'Industrie minière en Sardaigne (*Ann. d. M.*) et notes de voyages inédites.

# GÎTES D'ARGENT DE GUADALCANAL, HIEN DE LA ENCINA, SIERRA ALMAGRERA[1], ETC. (ESPAGNE)

**Guadalcanal.** — On a exploité, dès le temps des Carthaginois, à Guadalcanal, près de Séville, d'importantes mines d'argent, qui furent reprises, avec un grand succès, en 1551, par les comtes de Fuggers (concessionnaires des mines de mercure d'Almaden), à l'époque où l'on songea également, pour la première fois, à réexploiter les mines de Rio-Tinto. Leurs travaux furent volontairement noyés par eux, trente ans après, lorsqu'à l'expiration de leur contrat, on refusa de le leur renouveler. En 1768, une compagnie française tenta une nouvelle exploitation sous la direction d'un ingénieur saxon, M. Hoppensack, mais l'abandonna. En 1884, on a songé à entreprendre de nouvelles recherches.

Les minerais d'argent, avec gangue spathique, se sont trouvés principalement en une colonne au croisement de deux filons $H_{13}$, et $H_2$; ils consistaient en argent sulfuré et argent rouge, avec argent natif, atteignant jusqu'à 20 centimètres. C'est cette colonne de minerai qui a été exploitée par les Fuggers. Ailleurs, on trouvait principalement des pyrites cobaltifères imprégnées d'un peu d'argent sulfuré et d'argent rouge[2] et les filons, se ramifiant, devenaient inexploitables. Cette colonne métallifère était malheureusement coupée, à une assez faible profondeur, par une faille argileuse, qui arrêta rapidement les travaux en 1775. Au toit du premier filon, on retrouva, en 1775, un filon barytique de cuivre gris avec mouches d'argent rouge, dit filon Saint-Victor. Dans l'ensemble, les minerais arsenicaux et antimonieux dominaient dans ce gisement.

A 4 kilomètres de Guadalcanal, une autre mine, dite *Cazalla*, a été

[1] Nous rapprochons, par exception, des gîtes de Guadalcanal à gangue calcaire d'autres gîtes argentifères inexploités d'Espagne à gangue quartzeuse ou barytique (Hien de la Encina, Sierra Almagrera, etc...)

[2] Pour le rapprochement des minerais de cobalt et d'argent, cf. Joachimstahl, p. 605, les Chalanches, p. 779, etc.

exploitée aussi à la fin du siècle dernier ; on y a trouvé des minerais d'argent arsenicaux avec barytine et de la blende mouchetée d'argent rouge dans de la barytine. Lorsqu'en 1884, on voulut reprendre la mine, quelques analyses furent faites au laboratoire de l'Ecole des mines et donnèrent les résultats suivants :

| | Minerai trié | Scorie riche | Scorie pauvre |
|---|---|---|---|
| Cuivre. . . . . | 3,50 % | 2,75 % | 0,85 % |
| Plomb. . . . . | 2,00 | 7,86 | 3,77 |
| Argent à la tonne. . . | 5 à 6k,500 | 1k,85 | 0,630 |

Ces scories renfermaient, en outre, une proportion très forte d'arsenic et d'antimoine.

**Fuente del Rayo.** — On peut également citer, en Espagne, quelques filons de quartz avec galène argentifère, contenant exceptionnellement des minéraux d'argent.

Ainsi, à *Fuente del Rayo*, près de Castuera et à Minaflores, il existe un certain nombre de filons Est-Ouest, oscillant entre $H_4$ et $H_6$, qué croisent des filons Nord-Sud peu importants. Ces filons, qui recoupent les schistes siluriens, ont une puissance d'environ 1 mètre, un pendage Nord de 75° environ. Le remplissage est formé de quartz avec galène argentifère. La teneur du minerai est de 40 p. 100 de plomb et 140 grammes d'argent à la tonne.

**Hien de la Encina.** — De même, le groupe minier de *Hien de la Encina* est situé dans la Sierra de Guadalajara, à 22 kilomètres au Nord de Jadragun (altitude 1 080 mètres), station de la ligne Madrid Sarragosse.

Le sol, composé de gneiss et de micaschistes, est recoupé par 3 filons principaux : filon Rico, filon Relampago et croiseur San-Juan.

Le grand filon contenait de l'argent natif, de la pyrargyrite ($Ag^3\ SbS^3$), des chlorures et bromures associés à d'autres sulfures, dans une matrice de quartz, barytine et sidérose.

Le grand filon riche a renfermé, par mètre carré de surface, jusqu'au neuvième étage, 1k,5 d'argent par mètre carré (soit environ 225 francs) ; à partir de 300 mètres de profondeur, on est entré dans une zone stérile.

**Sierra Almagrera.** — La *Sierra Almagrera*[1] contient des gisements semblables, dont nous allons dire un mot. Les autres centres de production de l'argent en Espagne, Linarès, Carthagène, etc., ont été décrits au chapitre du *Plomb*[2].

Dans la *Sierra Almagrera*, les filons sont à gangue barytocalcaire, riches en galène argentifère et traversent des schistes argileux et des micaschistes cristallins. Le premier filon découvert fut celui de *Jaroso* en 1838. Il contient, outre de la galène compacte en grains fins et très riche en argent (0,0036-0,005), des sulfures, arséniures, sulfo-arséniures et chlorures d'argent, des pyrites et des minerais de cuivre; la seule différence entre ces affleurements et le fond est que la gangue, qui est d'abord de la baryte avec de l'hydroxyde de fer, tend à devenir exclusivement de la barytine.

Dans quelques filons, on a rencontré, en abondance, de l'argent natif, comme sur le *Cabezo de las Herrerias*, où il est associé à des minerais de fer et où l'on trouve les riches mines de *Autrevida* et le *Milagro de Guadalupe*, au milieu de roches trachytiques.

*Bibliographie.*

1796. Hoppensack. — Sur l'exploitation des mines en Espagne. (Weimar.) Rapport du même sur les mines d'argent de Guadalcanal et Cazalla.
1878. Monreal. — Géol. de la prov. de Almeria.
1881. Castel. — Descr. géol. de la prov. de Guadalajara. (*Bol. Com. Map. geol.*, Espana, 8, 2, 172.)
1883. D'Achiardi, I, p. 164.

## GITES D'ARGENT, NICKEL ET COBALT

## DES CHALANCHES ET DU GRAND-CLOS (ISÈRE)

## SAINTE-MARIE-AUX-MINES (ALSACE-LORRAINE), ETC...

**Chalanches.** — Le gisement, autrefois célèbre, aujourd'hui inexploité, des Chalanches pourra nous servir de type français, comparable aux venues argentifères récentes de Freiberg,

[1] Coll. *École des Mines*, 1798.
[2] Voir pages 526 à 559

c'est-à-dire, comprenant, avec des minerais de cobalt, nickel, etc., des minerais d'argent associés à de la calcite. A la surface, ces filons présentaient des zones argentifères analogues à celles des filons de l'Amérique du Sud[1].

La mine des Chalanches, découverte en 1765, fut d'abord dirigée quelque temps par Schreiber, saxon d'origine, plus tard inspecteur général des mines et l'un des premiers directeurs de l'École des Mines, puis à peu près abandonnée en 1802, lorsque Schreiber fut appelé à la direction des mines de Pesey[2] et enfin concédée par l'état à des particuliers en 1805.

C'est elle qui a donné lieu à la fonderie d'Allemont.

Les minerais complexes comprenaient des minerais de cobalt, nickel, stibine argentifère, etc., kupfernickel, cobalt oxydé et arseniaté, chlorure et sulfate d'argent, terres ocreuses argentifères.

Les filons semblent, par une disposition qui se présente fréquemment, se réunir par groupes en profondeur.

Il reste cependant six filons distincts traversant un calcaire probablement jurassique; ce sont :

Le filon du Directoire, dirigé N.-S. et riche en terres argentifères; puis, le recoupant, quatre autres filons parallèles entre eux, espacés de 25 à 30 mètres et dirigés de l'Est à l'Ouest : Hercule, Siméon, Prince héréditaire et le Cobalt; enfin, croisant tous les autres, le filon Saint-Louis, à 45°, particulièrement argentifère.

Gueymard et Graff ont énuméré, dans l'ordre suivant, les fractures rencontrées aux Chalanches :

1° Filons de diorite et de diabase, parfois à l'état de filons couches, les plus anciens de tous;

2° Filets calcaires, avec ocres argentifères, Nord-Sud;

3° Principaux filons métallifères ayant parfois un remplissage symétrique qui, des épontes à l'axe, est : *a*, quartz; *b*, sidérose; *c*, carbonate de manganèse, antimoine et minerais de cobalt; *d*, minerais de cobalt, nickel et antimoine;

4° Des filons sauvages, ayant jusqu'à 5 mètres d'épaisseur et remplis de fragments de roches cimentés par de l'argile;

[1] Rappelons, à ce propos, la présence d'argent corné et de minéraux d'argent à Huelgoat, p. 505.

[2] Voir page 520.

5° D'autres fentes stériles plus étroites, recoupant les précédentes et également remplies de débris.

V. Groddeck cite, d'après Graff, à Chalanches, un enrichissement au contact de bandes pyriteuses, analogue à celui qui existe à Kongsberg [1].

La rigueur du climat a certainement beaucoup contribué à faire abandonner ces gisements fameux. Nous en rapprocherons, en raison de leur situation géographique, les mines de galène argentifère de Grand-Clos, qui fondaient leurs minerais à la même usine d'Allemont (fondée en 1772).

**Grand-Clos.** — Le gîte de plomb argentifère du *Grand-Clos* (commune de la Grave) est traversé par la Romanche. Sur les deux parois de la vallée, on voit, au jour, la trace de cinq filons de galène recoupant le gneiss avec une régularité absolument typique et dont la figure ci-jointe (363), empruntée à M. Daubrée, montre l'allure. La hauteur, du pied de la falaise à sa cime, est de 800 mètres.

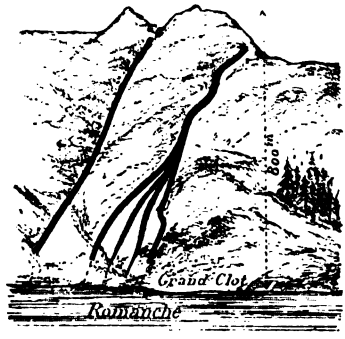



Fig. 363. — Vue perspective du filon du Grand-Clos (d'après M. Daubrée).

Ces filons sont composés de quartz et de galène. A peu de distance de Grand-Clos, au lieu dit le *Chazelais*, on voit le calcaire du lias traversé par des filons de galène, notablement argentifères et nettement transversaux aux filons précédents.

Les gisements de Grand-Clos ont été l'objet de diverses recherches entre 1870 et 1880.

### *Bibliographie.*

1788. Schreiber : dans Köhler's bergmännischen Journal, p. 22.
1806. de Thury. — *Journal des mines*, n° 116, p. 80.
1843. Gueymard et Graff dans le *Bull. de la Soc. des sc. natur. de l'Isère*, t. I, p. 27.
1861. Cotta, p. 314 et 339.

[1] Voir plus haut pages 758 et suiv.

1879. Groddeck, p. 141.
10 août 1881. — Urbain de la Grange. — Rapport inédit.
1887. Daubrée. — Eaux souterraines, p. 65.

On peut également considérer, comme de véritables gîtes d'argent dans la région française, les anciennes mines de Sainte-Marie-aux-Mines, Lacroix-aux-Mines et Giromagny (Alsace-Lorraine).

**Sainte-Marie-aux-Mines et Giromagny.** — Les exploitations de Sainte-Marie-aux-Mines et de Giromagny, aujourd'hui abandonnées, remontent à une époque très ancienne.

Celles de Sainte-Marie étaient déjà en exploitation au x^e^ siècle, mais eurent surtout une période brillante pendant le xvi^e^ siècle ; en 1515, elles occupaient 3 000 ouvriers ; en 1635, après l'occupation du pays par les Suédois, elles furent abandonnées et reprises seulement en 1712. En 1819, il fut question d'y établir une école pratique des mines ; en 1823, on y tenta encore quelques travaux ; en 1883, il a été, une dernière fois, question de les reprendre.

Les filons, qui traversent le gneiss, y sont très nombreux et présentent des remplissages complexes qu'on peut comparer à ceux de Freiberg. C'est ainsi qu'on en a tiré de la galène plus ou moins argentifère avec des minerais d'argent proprement dits, argent natif, argent sulfuré, argent rouge (de 1525 à 1538, plusieurs blocs d'argent natif de plus d'un quintal ; en 1581, au Leberthal, un bloc de 592 kilogrammes) ; puis, du cuivre gris, du cobalt (qui, en 1722, alimentait une fabrique d'azur), du nickel et du bismuth.

On peut citer les mines de Saint-Jacques, Gabegottes, Saint-Guillaume et Glückauf dans le Rauenthal ; de Saint-Louis et de Chrétien.

La concession de Giromagny a été exploitée, à diverses reprises, dans ce siècle ; les filons, très nombreux, étaient formés de galène plus ou moins argentifère, parfois associée avec de la pyrite de cuivre et du cuivre gris. On a cité, comme filons principaux, Pfenningturm, Saint-Louis, Solgat (galène riche), Saint-Daniel (pyrite de cuivre et cuivre gris). On y a observé la disposition habituelle du minerai en colonnes riches.

*Bibliographie.*

DUHAMEL. — (*Journal des mines*, n° 39 et 40.)
29 nov. 1860. RICHARD TAYLOR. — Rapport inédit.
15 janv. et 1er fév. 1878. Jules DESPECHER. — Note et Rapport inédits.
1881. LA GRANGE. — Report on Giromagny.
12 juin 1882. M. NELSON-BOYD. — Rapport inédit.
1er janv. 1883. M. DESPECHER. — Rapport inédit.

## 2° FILONS D'ARGENT A GANGUE QUARTZEUSE

Les filons d'argent à gangue quartzeuse sont extrêmement développés dans certaines régions de roches acides et spécialement de roches tertiaires. En Europe, nous en citerons un type remarquable, celui de Schemnitz ; en Amérique, nous étudierons le Comstock, les filons du Mexique et du Pérou ; en Australie, ceux de Broken Hill ; nous donnerons également quelques indications sommaires sur divers gisements moins importants, tels que ceux de la République Argentine et du Japon, etc...

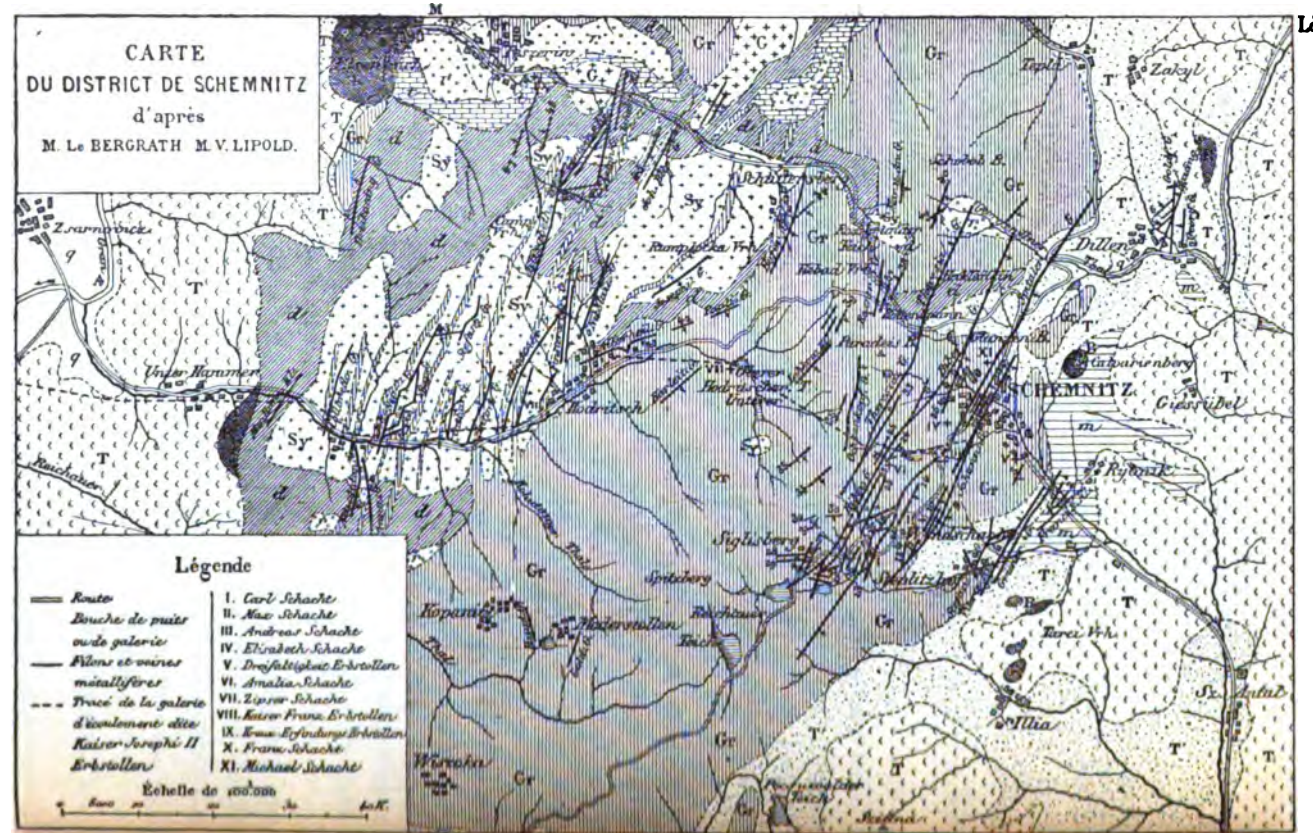
### MINES D'ARGENT DE SCHEMNITZ (HONGRIE)[1]

Les mines d'argent de Schemnitz, qu'on peut, sous bien des rapports, comparer à celles du Comstock (aux Etats-Unis), sont situées dans le Nord de la Hongrie ; les gisements s'étendent sur les dernières ramifications des Carpathes, dans les comitats de Honth et de Bars, au Sud-Ouest du massif du Tatra. On y exploite un champ de filons à remplissage complexe, fournissant :

1° Des minerais d'argent proprement dits : argent natif, argyrose, psaturose, polybasite et argent rouge ;

2° Des galènes argentifères ;

[1] Coll. *École des Mines*, 1588 et 1981.


CARTE
DU DISTRICT DE SCHEMNITZ
d'après
M. Le BERGRATH M. V. LIPOLD.
Légende
Route
Bouche de puits ou de galerie
Filons et veines métallifères
Tracé de la galerie d'écoulement dite Kaiser Joseph II Erbstollen
I. Carl Schacht
II. Max Schacht
III. Andreas Schacht
IV. Elisabeth Schacht
V. Dreifaltigkeit Erbstollen
VI. Amalia Schacht
VII. Zipser Schacht
VIII. Kaiser Franz Erbstollen
IX. Neue Erfindung Erbstollen
X. Franz Schacht
XI. Michael Schacht
Échelle de 1:100.000
SCHEMNITZ
Légende géologique
Diluvium
Couches mioc.
Congl. nummu.
Calcaire
Schistes trias.
Sch. et quartz
Basalte
Rhyolithe
Tuff trachy.
Trachyte
Grünstein
Syénites
Granite

3° Des minerais cuivreux argentifères ;
4° Des minerais pyriteux argentifères.
La production du district a été, en 1871 :

| Or | Argent | Plomb | Cuivre |
|---|---|---|---|
| 165 kg. | 9 506 kg. | 903 tonnes | 176 tonnes |

En 1890, on a extrait 189 kilogrammes d'or et 7 913 kilogrammes d'argent.

L'exploitation, très ancienne, date, s'il faut en croire la tradition, du commencement de l'ère chrétienne. Dès la fin du XII^e^ siècle, les mines de Schemnitz étaient déjà citées comme étant dans une situation florissante.

**Constitution géologique de la région.** — La région de Schemnitz comprend, comme roches anciennes, un peu de gneiss et de granite dans la vallée d'Eisenbach ; puis, des syénites formant une bande à peu près régulière S.-O.-N.-E., de 7 kilomètres de long sur 2 kilomètres de large[1].

Sur le bord Nord de ce massif syénitique, se trouvent des schistes grisâtres avec intercalations calcaires et des quartzites. Ces schistes, peut-être dévoniens, ont subi un métamorphisme au contact de la syénite. Puis viennent, reposant sur ce dévonien au Nord, des schistes rouges de la base du trias et des calcaires triasiques ou rhétiens. Enfin, près d'Eisenbach, affleure un lambeau de conglomérat nummulitique.

Postérieurement à ce terrain nummulitique, sont arrivées des roches tertiaires, dont les grünsteins ou propylites sont le premier terme, les trachytes le second, les rhyolithes et basaltes les derniers.

Le *grünstein*, qui constitue le chaînon du Paradeisberg, a été appelé par von Richthofen grünstein trachyt ; on l'a encore décrit sous le nom de propylite[2] en le rapprochant de certaines roches du Mexique et des Andes. C'est, en réalité, une andésite amphibolique, qui contient : comme cristaux de première consoli-

[1] La nature syénitique de ces roches a été discutée par W. Judd et G.-V. Rath

[2] Nous aurons à reparler, page 799, de cette expression de propylite qui semble avoir été appliquée à toute une série de roches diverses, altérées au contact des gîtes métallifères.

dation, du labrador et de la hornblende ; comme mi· l'oligoclase ou de l'orthose. Souvent il est, en outre, qu structure est, tantôt porphyroïde, tantôt compacte, a· passages de l'une à l'autre variété. Son âge est bien · ıerminé : d'une part, par sa présence en filons dans les schistes dévoniens et le conglomérat nummulitique ; d'autre part, par les dykes de trachytes qui le recoupent, alors que les tufs trachytiques sont, eux-mêmes, intercalés au milieu de couches miocènes. Il constitue des épanchements énormes.

Les *roches trachytiques* forment, autour des formations précédentes, une ceinture à peu près continue, une sorte d'ellipse de 40 kilomètres de long sur 20 de large, au centre de laquelle on retrouve leurs tufs. On peut y distinguer des andésites amphiboliques et pyroxéniques, des trachytes micacés, amphiboliques, etc.

Les tufs se présentent : tantôt comme une formation de cinérites, tantôt comme un dépôt à caractère sédimentaire.

Les *rhyolithes*, peu développées dans les environs immédiats de Schemnitz, se montrent surtout à Eisenbach, Hlinik, Kōnigsberg et Kremnitz. Elles forment, au-dessus de la vallée d'Eisenbach, de grands escarpements à pic. On trouve parfois, en relation avec elles, des dépôts de quartz d'eau douce contenant des débris de plantes. Ces rhyolithes, qui traversent nettement le grünstein, ont été parfois métallisées postérieurement.

Des *dacites*, accompagnant les filons métallifères, sont localisées dans la syénite.

Enfin le basalte ne se montre qu'au Calvarienberg et à Giesstrubel.

Quelques *sources minérales* chaudes sortent à Eisenbach et à Glashütte.

**Filons métallifères.** — Les filons métallifères du district de Schemnitz appartiennent à deux groupes distincts :

1° Les filons les plus importants, encaissés dans les propylites (Schemnitz, Windschacht, Dillen et Moderstollen) ;

2° Les filons encaissés dans la syénite et les roches anciennes (Hodritsch et Eisenbach).

Les premiers ont une direction beaucoup plus constante que les seconds. Ils sont généralement S.-O. N.-E., tandis que les autres

..., en outre de cette direction principale, les deux direc... et E.-O.

...ure de la roche encaissante a influé sur l'allure filonienne à d'autres points de vue. C'est ainsi que les filons dans la propylite sont toujours formés d'un très grand nombre de veines ramifiées, tandis que ceux de la syénite sont composés de veines moins nombreuses et plus importantes. En outre, dans les filons de la propylite, le remplissage est presque exclusivement quartzeux ; la calcite tend, au contraire, à dominer dans la syénite.

Le remplissage, dans les deux cas, obéit aux lois suivantes :

On rencontre, tantôt des minerais d'argent proprement dits avec gangue de quartz et calcite manganésifère, l'abondance de la calcite étant en rapport avec la richesse en argent ; tantôt des galènes avec quartz brun rouge chargé de pyrite, dit sinople, cuivre pyriteux (non argentifère, mais un peu aurifère), blende pauvre, etc. Le remplissage plombeux ne se présente que dans les filons de la propylite et passe, peu à peu, au remplissage argentifère. Les remplissages plombeux sont, en général, bréchiformes ; à leur contact, la roche est toujours dure, imprégnée de pyrite et ne présente pas d'altération ; au contraire, au contact des minerais argentifères, les grünsteins sont fortement altérés, quelquefois complètement kaolinisés, en même temps qu'ils sont criblés de pyrite jaune et cette pyrite n'est pas décomposée : ce qui a semblé une preuve que la kaolinisation n'était pas due à une action secondaire et superficielle récente, mais était liée à la venue argentifère. L'argent extrait des minerais est toujours un peu aurifère, particulièrement, d'après M. Wiesner, au voisinage des trachytes.

Le minerai est spécialement accumulé aux points de rencontre des diverses veines, particulièrement aux nœuds d'intersection du filon avec des veines transversales, qui n'ont jamais produit de rejet et sont toujours restées stériles.

Enfin, si l'on cherche à déterminer l'*âge de ces filons*, on voit d'abord qu'ils recoupent les grünsteins, qui, eux-mêmes, traversent les conglomérats nummulitiques ; on peut même remarquer que les filons de Dillen se prolongent dans les trachytes et que certains tufs trachytiques du Grünergang contiennent des empreintes végé-

tales du miocène supérieur. Les filons sont donc, eux-mêmes, postérieurs au miocène.

Le remplissage de la fente a commencé par une injection pyriteuse, qui a imprégné les blocs de grünstein encaissés dans les parties bréchiformes du filon ; puis les galènes et sulfures d'argent sont arrivés ensemble. Il est possible que la venue plombeuse ait duré plus longtemps, puisque des mouvements de dislocation ont eu le temps d'y produire des brèches pendant le remplissage ; mais le manque de cette allure bréchiforme dans les filons d'argent peut également être attribué à l'altération spéciale des roches au contact.

Passons maintenant à la description des deux groupes de filons : 1° dans la propylite ; 2° dans la syénite.

**1° Filons dans les propylites.** — On exploite, à Schemnitz et à Windschach, 7 filons principaux, parallèles à la direction générale de la bande de grünstein : filons qui sont, de l'Est à l'Ouest, le Grüner Gang, le Stefan Gang, le Johann Gang, le Spitaler Gang, le Biber Gang, le Theresia Gang et l'Ochsenkopfer Gang.

Chacun des filons de Schemnitz se compose, non pas d'une fente unique, mais d'un réseau de fissures en relation les unes avec les autres, se bifurquant, se séparant et se réunissant souvent, avec des intervalles de propylite plus ou moins compacte, toujours imprégnée de pyrite de fer. L'ensemble de ces fissures présente souvent une largeur pouvant atteindre 40 mètres : ce qui a fait attribuer parfois aux filons de Schemnitz des dimensions colossales. Il n'y a d'ailleurs pas de salbande [1] et il est visible que l'on a affaire à des zones de roches brisées ayant offert à la circulation des eaux thermo-minérales un passage facile.

Le remplissage, très variable d'un filon à l'autre, contient, en général, une grande abondance de silice sous des formes diverses : quartz, jaspe, améthyste, etc..., et, en particulier, une variété de quartz colorée en rouge brun par de l'oxyde de fer riche en or et imprégnée de galène, blende, chalcopyrite et pyrite de fer, à laquelle on donne le nom local de *sinople*. Cette variété caractérise, à Schemnitz, les parties qui ne sont pas exclusivement argentifères.

[1] Voir v. Groddeck, p. 232.

Au contraire, les minerais d'argent sont accompagnés de calcite et d'un quartz hyalin dit glos (*glas :* verre).

Nous énumérerons successivement les principaux filons :

Le *Grüner Gang* est connu sur une longueur de 1 400 mètres environ. Encaissé dans la propylite (et non, comme le figure la carte de M. V. Lipold, dans les tufs trachytiques), il a un remplissage exclusivement argentifère (sulfures ou sulfoantimoniures et sulfoarséniures d'argent). La galène et la blende ne s'y présentent qu'en traces, sauf en un point, à 270 mètres de profondeur, où elles sont associées à du sinople. La gangue est formée d'un mélange intime de calcite manganésifère et de quartz avec glos, mélange qui, à Schemnitz, caractérise toujours les filons argentifères. D'une façon générale, on a remarqué que, plus le quartz abonde, plus l'argent est rare ; plus c'est la calcite, plus il est abondant. Cette association de l'argent et de la calcite est intéressante à noter et à rapprocher de ce que nous avons dit sur les filons du type précédent (Kongsberg, Sarrabus, etc.).

Les minerais ne sont pas également répartis dans toute l'étendue du filon, mais concentrés suivant une série de colonnes riches, plongeant dans le plan du filon vers le Nord-Est et, particulièrement, dit-on, au voisinage de certaines fentes transversales absolument stériles.

L'argent du Grüner Gang est toujours aurifère, et cela, de plus en plus, à mesure que l'on s'enfonce. Entre le cinquième et le sixième étage, la teneur était de 3 à 4 millièmes seulement, tandis qu'au-dessous du sixième étage elle s'est élevée jusqu'à 11 millièmes.

Le *Stefan Gang* n'est connu en direction que sur 350 mètres. Il est formé de veines parallèles occupant, au milieu de la propylite imprégnée de pyrite, une largeur totale de 12 à 15 mètres. La propylite, qui est intacte au voisinage des parties stériles, est très altérée, blanche, jaune, etc., auprès des minerais.

Le remplissage comprend : au Sud, de l'argentite (AgS) ; au Nord, de la stéphanite ($Sb^2S^3$, 6AgS) avec de la pyrite cuivreuse aurifère appelée gelf (*gelb :* jaune).

A l'intersection des trois veines, il a existé, dans ce filon, un amas très riche de 130 mètres en direction et 250 mètres en profondeur,

qui a donné des richesses énormes. Ce filon est aujourd'hui presque abandonné.

Le *Johann Gang*, connu sur 4 000 mètres de long, a été exploité en trois points seulement et est depuis longtemps délaissé.

Le *Spitaler Gang*, un des plus grands filons connus, a une étendue certaine en direction de 8 000 mètres, une étendue probable de 12 000. Il est formé d'un réseau de veines occupant 40 à 50 mètres de large. Les veines extrêmes se poursuivent, presque entièrement distinctes, sur toute l'étendue du filon. En quatre points, elles se confondent et se réunissent avec les veines intermédiaires ; il en est résulté là des amas très importants.

Le remplissage est variable en direction comme en profondeur. Au niveau qui était exploité en 1871, la partie Sud était exclusivement argentifère, la partie Nord surtout plombeuse et aurifère. Le minerai n'est pas localisé dans les veines, mais imprègne également toute la roche encaissante qu'on abat pour la passer au scheidage. Au Sud, on trouve les sulfures d'argent simples ou complexes, disséminés ou contournés en veines dans un quartz toujours opaque et un peu jauni par de la calcite magnésienne (Carl Schacht). Ailleurs, le minerai d'argent est à la surface de bandes de quartz hachées par des lames de manganèse carbonaté rose dans un grünstein kaolinisé (Max Schacht). Au centre, apparaît le sinople en même temps que la blende, la galène, etc. Ce sinople est un minerai d'or.

Au Nord, le Spitaler Gang a un remplissage bréchiforme, constitué par des fragments anguleux de propylite quartzifiée et imprégnée de pyrite avec un ciment de sinople chargé de galène, blende et pyrite cuivreuse, que traversent des veines de quartz cristallisé, en relation avec des fentes plus grosses tapissées de beaux cristaux de quartz géodiques. On peut constater que le sinople a précédé le quartz opaque et les minéraux sulfurés et qu'il y a eu, pendant le remplissage, continuation des phénomènes mécaniques qui avaient ouvert la fente.

Le *Biber Gang*, comparable au Spitaler Gang par la largeur entre ses veines extrêmes, ainsi que par son remplissage (argent au Sud, plomb au Nord), est moins connu. M. Lipold l'a décrit, ainsi que le Grüner Gang, comme un filon de rhyolithe métallifère au milieu

de la propylite altérée. En réalité, il n'existe pas là de rhyolithe. Le Biber Gang a été surtout exploité autrefois à Siglisberg et à Windschacht.

Le *Theresia Gang* a présenté cette particularité d'être argentifère à la surface, plombeux en profondeur. Il est formé, dans sa partie intermédiaire, d'une brèche provenant de la destruction d'un remplissage antérieur et dont les fragments, eux-mêmes bréchiformes, sont entourés de sinople et de quartz jaunâtre. Plus bas, la proportion de galène et de quartz a augmenté très fortement, en même temps que le sinople et le quartz disparaissaient.

L'*Ochsenkopfer Gang*, depuis longtemps abandonné, avait un remplissage très quartzeux et très dur.

**2° Filons encaissés dans la syénite.** — Ces filons sont exploités dans les deux vallées d'Hodritsch et d'Eisenbach. Très différents des précédents, ils sont, le plus souvent, constitués par une veine unique, presque toujours puissante, remplie de quartz ou de calcite et contenant exclusivement des minerais d'argent. La syénite, au voisinage, est généralement criblée de cristaux de pyrite, mais ne contient jamais d'argent.

Dans le groupe d'Hodritsch, on peut distinguer, d'abord, l'*Allerheiligen Gang*, qui est un filon de contact entre la syénite et un grünstein quartzifère. Ce filon est formé de plusieurs veines contenant un remplissage bréchiforme et lançant des ramifications nombreuses au toit et au mur. Antérieurement au remplissage, un mouvement de glissement a poli, en plusieurs points, les épontes comme des miroirs. Les minerais sont la stéphanite, l'argent rouge, la pyrite cuivreuse et les branderze. Le gisement, qui a donné lieu autrefois à une exploitation considérable, était presque abandonné en 1871.

Le *Pauli Gang* est formé d'un réseau de fentes hachant les quartzites.

Le *Brenner Gang*, encaissé dans la syénite parallèlement à deux filons de propylite voisins, contient un remplissage quartzeux avec calcite manganésifère et sulfures simples ou complexes formant des masses considérables et très étendues; au contact des minerais, conformément à une remarque assez générale, la syénite est décomposée.

Le *Schöpfer Gang* est encore activement exploité. Il résulte de la jonction de trois veines constituant le Johann-Nepomuk Gang, avec le Johann-Baptista Gang. Encaissé dans la syénite, il a toujours des épontes très nettes et lance, dans la roche au voisinage, des veines quartzeuses. Au centre, il est rempli de calcite, souvent comme imprégnée de quartz; au Nord, la calcite a disparu par dissolution postérieure et l'on n'a plus que du quartz empâtant des blocs de syénite. Les minerais sont des sulfures d'argent disposés par colonnes riches et qu'on peut amener, par simple triage, à une teneur de près de 8 p. 100 d'argent.

Le *Colloredo Gang*, encaissé aussi dans la syénite et présentant des faces de glissement polies sur ses épontes, est suivi par un filon de grünstein parallèle. En un point, il s'est réduit à un simple joint et brusquement bifurqué.

Dans le groupe d'Eiesenbach, on connaît le Hofer Gang, le Johanni Kluft, l'Eiesenbach Gang, etc... qui ne donnent lieu à aucune observation particulière.

**Kremnitz.** — A *Kremnitz*, on exploite également, à la fois, l'or et l'argent; les filons métallifères, très nombreux et ramifiés, traversent un amas de trachyte amphibolique (propylite), de 8 000 mètres de long sur 2 à 4 000 de large, entouré de trachyte gris. Ils n'ont pas de salbandes et la propylite, au voisinage, est imprégnée de pyrite aurifère. On a distingué deux systèmes de filons distincts : le système du filon principal comprenant les filons Schrämer, Kirchberg, Schindler et Catherine, avec le réseau de veines qui les rattachent; le système du filon Georges-Sigismond, présentant, en outre de ce filon, un filon argileux.

Le premier système affecte l'allure de veines de retrait convergentes en profondeur. Le remplissage est principalement formé de quartz, jaspe, fragments de roches encaissantes décomposés ou même transformés en argile et pyrites aurifères ou argentifères très finement disséminées dans la masse. Les minerais sont, outre la pyrite, la psaturose, l'argent rouge, l'argyrose, le cuivre gris, le braunspath, la calcite, la barytine.

Le second système est, de même, constitué par deux filons rattachés par de nombreuses cassures et se réunissant en profondeur.

Le remplissage est analogue, mais contient, en outre, de la stibine aurifère et de l'or natif.

L'affleurement des filons a été particulièrement riche en or par un phénomène de concentration résultant de la décomposition du remplissage.

*Bibliographie.*

1822. Beudant. — Voyage minéralogique et géologique de Hongrie.
1833. Rivot et Duchanoy. — Voyage en Hongrie. (*Ann. d. M.*)
1860. Richthofen. — (*Jahrb. d. K. K. g. Reichsant.*)
1861. V. Cotta. — (*B. u. H. Z.*, 1861, p. 9.)
1866. Windakiewicz. — (*Jahrb. der K. K. geol. Reichs.*, t. XVI, p. 217.)
1866. Fessl. — (*Jahrb. d. K. K. g. Reichs*, p. 508.)
1867. G. Faller. — (*B. u. H. Z. d. K. K. östr. Berg. Acad.*, p. 107.)
1867. Lipold. — (*Jahrb. d. K. K. geol. Reichs.*, p. 317.)
1870. Gedenkbuch zun Gründung von Schemnitz (1770-1870).
* 1873. Zeiller et Henry. — (*Ann. d. M.*, 7e série, t. III, p. 307.)
1874. Windakiewicz. — (*Jahrb. d. K. K. g. Reichs.*, p. 504.)
1879. Groddeck, p. 233.

## MINES D'ARGENT DU COMSTOCK (NEVADA)[1]

**Historique et production.** — Le grand filon du Comstock, dans le district de Washoe, état de Nevada, est l'exemple le plus remarquable de ces riches filons argentifères et aurifères récents, à gangue généralement quartzeuse, que l'on retrouve sur presque toute la longueur de la chaîne des Montagnes Rocheuses et des Andes, aux Etats-Unis, au Mexique, en Bolivie, au Pérou et au Chili, filons puissants, prolongés souvent sur des longueurs énormes. Celui-là est si connu et a joué un tel rôle sur le marché de l'argent dans ces trente dernières années qu'il ne sera pas sans intérêt de raconter brièvement son histoire[2].

C'est en juin 1859 que deux mineurs irlandais, Peter O'Riley

[1] Coll. *École des Mines*, 1600 et 1647.

[2] Cette histoire a fait l'objet d'une monographie dans les publications du *Geological Survey* des États-Unis: Lord, Comstock mining and miners (1883), indépendamment d'un autre volume de description technique : Becker, Geology of the Comstock lode.

Antérieurement, elle avait été retracée brièvement dans deux articles de M. Simonin parus dans la *Revue des Deux Mondes* : 15 avril 1874, les Mines d'argent du Nevada 15 nov. 1875, les Mines d'or et d'argent aux États-Unis.

et **Patrick Mac-Laughlin**[1], venus pour laver des sables aurifères dans le pays alors désert de Washoe[2], découvrirent la présence de l'argent dans un énorme filon de quartz, dressé en saillie sur les premières pentes du mont Davidson. Un mineur, nommé Comstock, qui délimita avec eux les premières exploitations, fut celui qui lui donna son nom.

A ce moment, on n'avait encore aucune notion sur les minerais d'argent dans cette partie de l'Amérique, tandis que, depuis 1848, les placers aurifères de Californie attiraient des armées de mineurs. La découverte du Comstock, bientôt suivie par celle des gisements d'argent de Leadville, d'Eureka, de l'Utah, arrivait à un moment où l'on commençait à se préoccuper de la dépréciation de l'or résultant des trouvailles californiennes et australiennes, et à songer à rétablir l'équilibre rompu entre les deux étalons monétaires. On sait comment il en est résulté un mouvement de bascule en sens inverse et une baisse de l'argent, à laquelle les Etats-Unis essayent de remédier par des lois[3].

Exploité d'abord assez grossièrement par petits claims de 70 mètres de long, suivant la coutume américaine, le Comstock n'acquit toute sa vogue qu'en 1861. De 1861 à 1863, les actions des diverses sociétés, même de celles qui ne possédaient pas un pouce de filon, montèrent dans des proportions fantastiques, celles de la mine Gould and Curry, qui fut longtemps la plus riche, passant, en un an, de 500 à 5 000 dollars ; il y eut des procès célèbres : Chollar-Potosi, Ophir-Mexican, qui coûtèrent chacun plus de 5 millions de francs. Puis, en 1864, un tassement se produisit, non sans panique et il ne resta debout que les Sociétés les plus importantes, qui continuèrent à augmenter, de plus en plus, leur extraction.

Alors, en quelques années, ce filon dépassa tous ceux qui avaient été jusqu'alors les plus célèbres : la Veta madre de Guanajato, celle de Real del Monte au Mexique, Potosi en Bolivie, etc... Sa production s'éleva de 500 000 francs en 1860 à 16 millions de

[1] Peter O'Riley devint fou peu d'années après et Laughlin mourut, en 1879, à l'hôpital (Lord, p. 413).

[2] Le Comstock est situé près de la ville de Virginia City, qui lui doit son existence, sur le versant oriental de la Sierra Nevada, entre les lacs Bigler et Carron, au Sud du Central Pacific Railway. Voir la carte d'Amérique, t. I, p. 73.

[3] Voir plus haut, p. 732.

francs en 1861 ; 31 millions en 1862; 62 millions en 1863; 70 millions en 1870, etc...

En 1874, une découverte inespérée, faite sur les mines de Consolidated-Virginia, California et Ophir, augmenta encore cette fortune, déjà si extraordinaire[1]; une masse énorme de sulfure et de chlorure d'argent de 360 mètres de long fut rencontrée par M. Fair, à Consolidated-Virginia, après de longues et infructueuses recherches, qui avaient coûté plus d'un million[2]. La richesse de cette *bonanza*, encore exagérée par des ingénieurs enthousiastes, donna lieu à une hausse énorme de toutes les mines voisines, hausse suivie naturellement d'une réaction aussi exagérée. Néanmoins, les deux mines de Consolidated et de California produisirent en argent :

| | CONSOLIDATED | CALIFORNIA |
|---|---|---|
| | Dollars | Dollars |
| 1873. . . . . | 645 582,17 | » |
| 1874. . . . . | 4 981 484,05 | » |
| 1875. . . . . | 16 717 394,76 | 453 060,46 |
| 1876. . . . . | 16 657 649,47 | 13 400 841,40 |
| 1877. . . . . | 13 734 019,07 | 18 924 850,27 |
| 1878. . . . . | 7 996 753,11 | 10 949 078,93 |
| TOTAL. . . . | 60 732 882,63 | 43 727 831,06 |

A partir de ce moment, la production, qui avait toujours grandi, commença à diminuer de plus en plus. On se heurtait, en effet, à mesure qu'on s'approfondissait, à des difficultés croissantes venant, en particulier, de l'abondance des eaux et de l'extrême chaleur des travaux.

Pour remédier au premier inconvénient (et, en partie, au second par une meilleure ventilation), on a, sur le plan d'un M. Sutro, percé un tunnel d'écoulement de 4 mètres de large et 4 mètres de haut, sur 7 kilomètres de long, avec deux branchements au Nord et au Sud, tunnel qui constitue un drainage depuis le sommet du mont Davidson, situé 1 500 mètres plus haut[3]. Ce tunnel était fini en 1880.

[1] Lord, p. 311.

[2] M. Fair, qui dirigea les travaux, s'était associé, en 1872, avec trois autres hardis spéculateurs Mackey, Flood et O'Brien, dans l'intention, arrêtée d'avance, de chercher, coûte que coûte, une bonanza.

[3] Lord, p. 333.

Dans l'année 1880, il a épuisé 4 700 000 mètres cubes d'eau. Son prix total a été de 10 millions. On l'utilise aujourd'hui pour produire de la force motrice et éclairer la mine à l'électricité.

Quant à la chaleur, par un phénomène qui semble en relation avec les actions volcaniques[1], elle suit là une loi de progression anormale, qui la fait augmenter très rapidement : à 450 mètres, elle atteint déjà 49° centigrades, 60° à 670 mètres, etc.[2].

Il en résulte que le travail devient complètement impossible en profondeur, à moins de précautions toutes spéciales. Dans le puits Ophir de la compagnie Victoria, on a dû, dès 450 mètres, faire arriver une pluie d'eau froide aux fronts de taille. Dans les parties les plus basses, à 8 et 900 mètres de profondeur, chaque mineur reçoit jusqu'à 50 livres de glace, et, malgré cela, ne peut résister plus de trois heures. En 1878, au niveau de 830 mètres de la mine de Gould et Curry, un mineur tomba frappé d'une attaque d'apoplexie à la température de 53°[3]. En 1881, l'eau des travaux atteignit, en un point, 77°.

Si l'on joint à cela que, depuis 1874, on n'a plus retrouvé de grande bonanza, on comprendra comment le Comstock a vu sa production diminuer très fortement, en sorte que celle de l'Etat entier du Nevada est passée, de 70 millions en 1871 à 35 millions de francs en 1881 et 24 millions en 1887, alors qu'en cette dernière année l'État du Montana arrivait à 77 millions.

En 1889, la Nevada a donné 4 696 605 onces d'argent (31 500 000 francs) ; en 1890, 4 450 000 onces (29 900 000 francs)[4].

[1] On avait supposé que cette chaleur pouvait tenir à des réactions chimiques, en particulier à la kaolinisation des feldspaths. M. Becker, après des expériences délicates, s'est prononcé contre cette idée.

[2] Les températures ont été en degrés centigrades :

| 33m | 70m | 100m | 200m | 300m | 400m | 500m | 600m | 700m |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 10° | 13° | 17° | 22° | 26° | 32° | 38° | 40°,5 | 41° |

(Voir Lord, p. 397.)

La progression est assez continue ; d'après Becker, elle serait, verticalement, de 1 degré tous les 10 mètres ; horizontalement la température décroîtrait en progression géométrique avec la distance au filon.

[3] Lord, p. 395.

[4] Il ne faut pas oublier d'ailleurs, que tous les renseignements statistiques sur ces mines sont fort sujets à caution ; car, pour préparer les spéculations considérables auxquelles elles donnent lieu, on a, tour à tour, intérêt à les déprécier ou à *en enfler* la valeur et l'on évite, autant que possible, les vérifications sur place.

THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY
ASTOR, LENOX
TILDEN FOUNDATIONS

THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY
ASTOR, LENOX
TILDEN

résumé, l'on a pu calculer que, jusqu'en 1881, ce filon produit, avec 16 bonanzas, 7 millions de tonnes de minerais, sentant une valeur de un milliard 800 millions de francs, 42 p. 100 en or et 58 p. 100 en argent, et que les bénéfices pendant la même période, montaient à 600 millions[1].

puis cette époque, l'extraction correspond, en outre, à plus 00 millions.

tte production se divisait ainsi, de 1865 à 1881, entre les trois pes principaux :

| | Or | Argent | Total |
|---|---|---|---|
| ld hill groups . (1864 à 1873). . | 112 300 000 fr. | 115 800 000 fr. | 228 100 000 fr. |
| ntral groups . . (1866 à 1874). . | 56 600 000 — | 100 300 000 — | 156 900 000 — |
| nanza groups. . (1864 à 1880). . | 283 400 000 — | 322 300 000 — | 605 700 000 — |
| | 452 300 000 fr. | 538 400 000 fr. | 990 700 000 fr. |
| luction jusqu'en 1886. . . . . | 79 000 000 — | 172 000 000 — | 251 000 000 — |
| Total . . . . | 531 300 000 fr. | 710 400 000 fr. | 1241 700 000 fr. |

ns le groupe de Goldhill, sont comprises les mines de Crown- Belcher, Yellow-Jacket, Imperial, Empire ; dans Central p, Savage, Gould and Curry, Hale and Norcross, Chollar i ; dans Bonanza Group, Consolidated Virginia, California hir.

nombre des mineurs employés a été, de 1860 à 1870, de ; de 1870 à 1880, de 3 200.

is villes se sont fondées aux abords du filon : Virginia, ill et Silvercity, dont la population, dès 1876, a dépassé 0 âmes[2].

logie de la région. — La région du Comstock a été l'objet mbreuses descriptions de MM. von Richthofen, King, Zirkel, e et Church. En 1882, M. Becker en a repris l'étude[3] et est

rd, p. 353. Voir, dans le même ouvrage, un tableau détaillé, p. 416. Cf. Becker,

cker, p. 4.

mémoire de M. Becker sont jointes de curieuses recherches expérimentales de

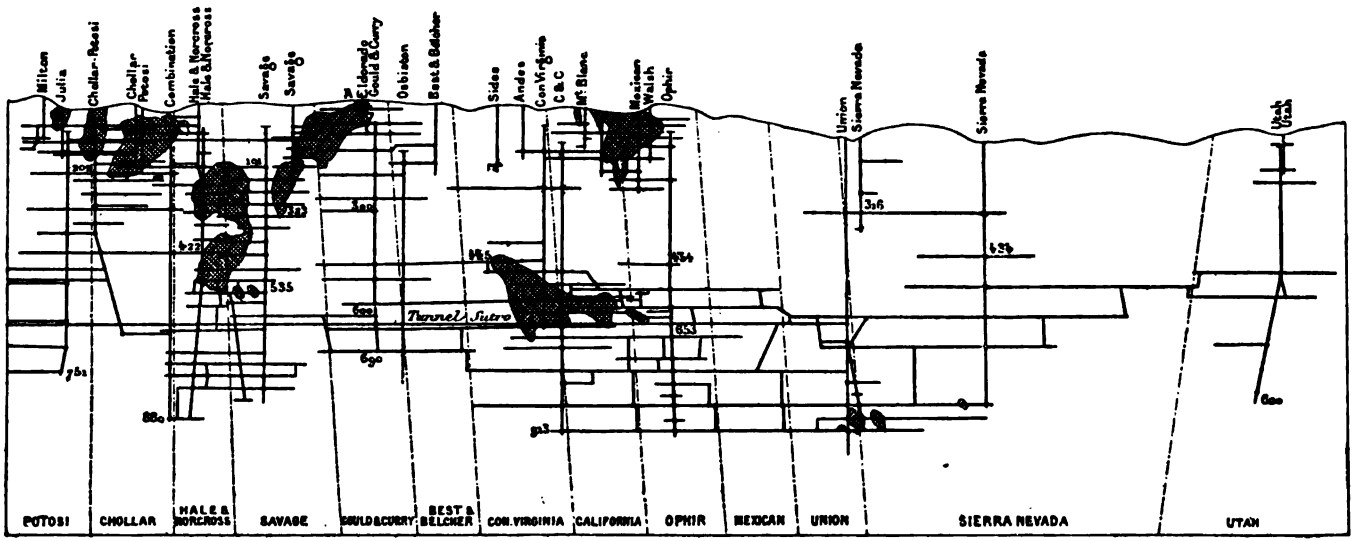



Fig. 366. — Projection longitudinale du filon du Comstock (d'après M. Becker).
Echelle au $\frac{1}{19.200}$.

Les chiffres indiquent les profondeurs au-dessous du point A (Gould and Curry). Le signe +, à la rencontre d'une galerie et d'un puits, signifie qu'il y a communication. Les amas de minerai déjà levés sont représentés par un grisé.

rrivé, par des déterminations microscopiques, à préciser la nature es roches, qui avaient été souvent méconnues à cause de leur abituelle altération[1], ou confondues, comme à Schemnitz, sous le om vague de propylites. Tous les auteurs sont d'accord pour faire essortir l'analogie qui existe entre ces formations et celles de longrie.

D'après M. Becker, l'ordre de succession des roches du district le Washoe (voir la figure 365) comprend : granite, schistes métanorphiques, diorite granulaire, diorite porphyritique, diorite métanorphique (?), microgranulite, diabase ancienne, diabase récente, andésite amphibolique ancienne, andésite pyroxénique, andésite amphibolique récente et basalte. La roche, qualifiée jadis de propylite par Richthofen, et à laquelle on avait voulu attribuer une existence individuelle, n'est, en réalité, que la forme altérée, soit de l'une, soit de l'autre des roches précédentes[2], qui, en se décomposant, se chargent toutes de chlorite, puis d'épidote. M. Becker[3] a tracé les limites de la zone décomposée, et est arrivé à cette conclusion que cette décomposition s'était produite en même temps que l'arrivée du minerai, postérieurement à l'andésite amphibolique la plus récente[4].

Si l'on examine une carte géologique de la surface (fig. 365), on voit, entre un massif de diorite formant le mont Davidson à l'Ouest, et une coulée d'andésites amphiboliques récentes, à l'Est, courir suivant une direction générale N.15°E. un grand filon de quartz légèrement ondulé, qui a 3 kilomètres de long et plusieurs centaines de mètres de large aux affleurements. A son extrémité Nord, le filon se bifurque en trois ou quatre ; à son extrémité Sud, en deux[4]. L'ensemble donne l'impression d'une cassure produite

de M. Carl Barus sur la kaolinisation et sur l'action électrique des gisements métallifères produisant des courants locaux, très faibles ici (et encore plus à Eureka où l'on a expérimenté de même), mais, sans doute, plus notables avec des minerais sulfurés (p. 403).

[1] M. Becker a insisté, avec juste raison (p. 32), sur la nécessité qui s'impose, lorsqu'on veut appliquer le microscope à l'étude des gisements métallifères, d'apprendre à reconnaître les roches sous la forme altérée qu'elles présentent toujours en ce cas-là. Toute la région du Comstock présente, à un haut degré, ces phénomènes d'altération (p. 369).

[2] Il en est de même des prétendus greenstone, grünstein, etc., de tant de districts métallifères.

[3] Page 383.

[4] Page 267.

par une pression centrale sur une matière légèrement élastique[1]. Le pendage, assez régulier en profondeur, est de 35 à 40° vers l'Est. Un peu plus à l'Est, est un autre filon de quartz presque parallèle, mais beaucoup plus mince : l'Occidental lode, encaissé dans les andésites augitiques. Dans l'intervalle, il existe quelques veines métallifères, que nous mentionnerons plus loin.

Si, au lieu de se borner à une carte de la surface, on examine des coupes verticales perpendiculaires au filon, en particulier

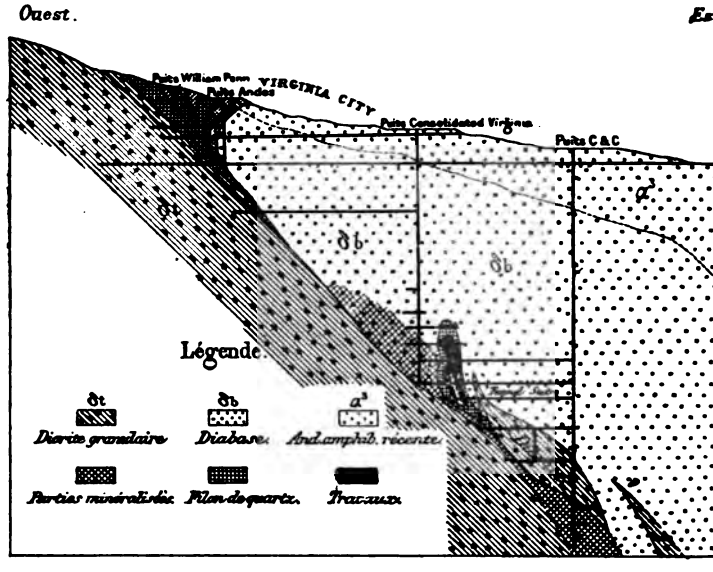



Fig. 367. — Coupe par le puits C and C, au Comstock.
(D'après Becker.)
Echelle au $\frac{1}{14.400}$.

celles faites dans la région centrale, à Virginia City et, plus au Sud, à Gold hill, les phénomènes apparaissent un peu différents.

Sur une première coupe (fig. 367), on voit[2] que, sous l'andésite amphibolique d'une épaisseur restreinte, apparaît aussitôt, au toit du filon, une diabase récente, à laquelle nous dirons qu'on attribue un rôle important dans la formation métallifère. On y trouve également, située presque verticalement dans la diabase, la grande

[1] Il n'y a pas lieu de chercher ici, comme en Saxe ou en Bohême, des systèmes de croiseurs d'âge différent, quoique le mouvement mécanique paraisse avoir duré longtemps.

[2] Page 269.

bonanza, qui a produit, à elle seule, près d'un tiers de l'argent du Comstock ; au-dessous d'elle, il existe un mélange confus de diorite, de diabase et de gangue filonienne.

Une autre coupe, donnée par M. Becker, le long du grand tunnel Sutro (et que nous ne reproduisons pas) présente : au mur du filon, la diorite habituelle ; puis, le remplissage bréchiforme, qui forme la grande masse du filon, avec ses veines de quartz ; la diabase récente ; l'andésite amphibolique récente, renfermant des veines minéralisées ; l'andésite augitique avec trois grandes veines : Solferino lode, Occidental lode, Coryell lode ; l'andésite amphi-

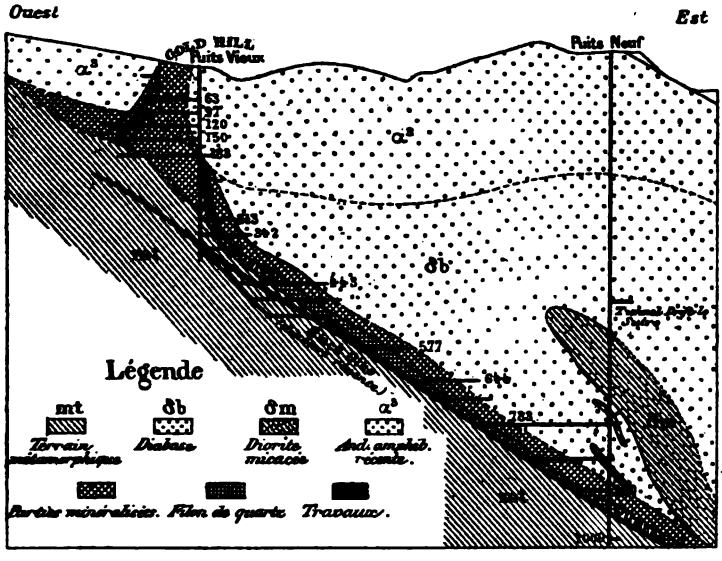



Fig. 368. — Coupe par le puits d'Yellow Jacket au Comstock.
(D'après M. Becker.)

bolique récente ; de nouveau, l'andésite augitique, avec le Great Flowery lode et l'andésite amphibolique, où débouche le tunnel.

Enfin, la coupe faite plus au Sud, dans la région de Gold hill, au puits Yellow Jacket[1] (fig. 368), montre l'existence, au mur, d'un dyke de diabase plus récente, appelé black-dike. Elle indique, de plus, au voisinage de la surface, une veine de quartz d'une disposition assez difficilement explicable.

En outre, toutes les coupes mettent en évidence la façon remar-

[1] Becker, p. 277.

quable dont, à 100 ou 200 mètres de la surface, le filon se bifurque, l'une des veines quartzeuses poursuivant dans la même direction, l'autre s'élevant plus ou moins verticalement, et l'ensemble englobant ainsi un prisme triangulaire des roches avoisinantes. Sur la figure 367, on a même affaire à une ramification multiple, qui cesse à 130 mètres de la surface. Au-dessous, le filon est plus régulier, mais aussi plus étroit (50 mètres de long au maximum).

**Filon métallifère.** — Si l'on cherche à se rendre compte de la *production de cette fracture*, sans s'occuper encore de son mode de remplissage, on peut supposer, avec M. Becker, qu'elle est le résultat d'une faille, produite elle-même par une pression énergique agissant en son centre [1]. M. Becker, en étudiant mathématiquement la courbure que devait prendre la surface d'un pays, divisé, comme le Comstock, en une série de zones parallèles, sous l'action d'un déplacement relatif de deux d'entre elles, entraînant les autres par adhérence, a montré qu'elle pouvait être représentée par deux équations logarithmiques, presque complètement réalisées sur la section verticale du Sutro tunnel [2] et permettant, en partant de la surface observée, de calculer la dénivellation de la faille.

Le mouvement mécanique, qui a eu pour effet de faire glisser le toit sur le mur, s'est prolongé pendant toute la durée du remplissage (disloqué à diverses reprises) et même après son achèvement. Les signes de laminage fréquents, les salbandes argileuses bien nettes et les bonanzas, avec leur remplissage bréchiforme, sont une conséquence de ce phénomène [3].

D'après M. Becker, l'histoire du filon se résumerait donc ainsi :

Après l'éruption de la diorite, serait venue la diabase ancienne, recoupant la diorite suivant un plan à 45° ; puis le contact aurait rejoué pour laisser passer une autre diabase (le black dike). Après quoi, les andésites amphiboliques et augitiques se seraient épanchées et les érosions auraient produit, au-dessus de ces quatre roches, une plaine à peu près uniforme. Mais alors un mouvement

[1] Page 376.

[2] M. Becker insiste sur ce fait que, lorsque la surface, au moment où une faille se produit, n'est pas plane, chacune de ses inflexions a son retentissement dans la forme de la faille (p. 378).

[3] Voir pages 157, 272.

prononcé aurait déterminé la saillie du M[t] Davidson ; la cassure filonienne se serait ouverte avec une friction considérable et aurait été accompagnée de nombreuses fissures latérales.

Suivant les circonstances locales, cette cassure est restée plus ou moins ouverte, très large en certains points, comme à Gold hill, par suite de la discordance des courbures des deux épontes, très mince, au contraire, ailleurs et, dans cette faille, sont tombés des fragments des épontes, qui ont été cimentés, plus tard, par le remplissage. Les bonanzas doivent, dès lors, logiquement se trouver : soit aux points où un bâillement a existé entre les deux parois, soit à ceux où il y a eu dislocation très énergique, préparant un vaste espace de roche broyée propre à l'imprégnation.

M. Becker a même été plus loin et, de ce fait que la surface actuelle du sol avait, à peu près, la forme théorique que donnait à prévoir le calcul des effets de la faille, il a voulu conclure que les érosions avaient joué un rôle très faible dans l'orographie du pays : dès lors, que le remplissage du filon était très récent, puisqu'il datait d'une époque, où l'action des eaux était déjà tout à fait restreinte dans le district de Washoe[1]. Il y aurait, ce nous semble, des réserves à faire sur cette application, si ingénieuse qu'elle soit, des déductions mathématiques.

Le *remplissage du filon*[2], qu'il nous reste à examiner, se compose uniquement de fragments des roches encaissantes cimentés par du quartz. Ces fragments, toujours anguleux, prouvent qu'il n'y a pas eu substitution, comme on l'a parfois prétendu. La calcite, le gypse, les zéolithes n'existent qu'à l'état d'exception. Le quartz contient presque toujours de l'or et de l'argent. Il est, soit compact et résistant, soit carié et friable ; dans ce dernier cas, il est généralement plus riche. Au voisinage de la diorite, l'or, dit-on, prédomine, l'argent est rare ; au toit, au contraire, du côté de la diabase, le quartz est surtout argentifère, quoique la proportion d'or contenu ait, à peu près, la même valeur que celle de l'argent. Les variations dans la teneur sont extrêmes, comme dans tous les filons d'argent. Indépendamment des métaux con-

[1] Pages 185, 379.
[2] Page 268.

tenus dans le quartz, on rencontre, très irrégulièrement disséminés, de la galène, de la blende, de la pyrite et des minéraux d'argent.

Pour expliquer la *formation des minerais*, on a analysé, avec le plus grand soin, les roches encaissantes et constaté que la diabase contenait toujours une proportion assez notable de métaux précieux, particulièrement dans le pyroxène ; lorsqu'elle est décomposée, comme c'est le cas au voisinage du filon, cette proportion est, paraît-il, réduite à moitié. Si l'on ajoute que les minerais riches ont, presque toujours, été trouvés au contact de la diabase, on en conclura que les métaux viennent de cette roche. Pour M. Becker, le phénomène, très postérieur à la solidification de la diabase, postérieur même à la venue des andésites amphiboliques récentes, serait dû à des sources chaudes chargées d'acide carbonique et d'acide sulfhydrique, qui seraient montées de la profondeur par un phénomène solfatarien, le long de la fracture ouverte et auraient dissous les éléments métallifères et le quartz des épontes, ainsi que la silice des brèches englobées, en donnant, comme résidu, des argiles. Les variations dans la teneur viendraient alors de la nature des roches attaquées, du temps de l'attaque, des différences dans la pression et dans la température.

Le fait que les andésites amphiboliques récentes, assurément postérieures à la diabase (d'où semblent provenir les métaux précieux), sont recoupées par le filon, lui a semblé apporter une conformation à cette hypothèse.

Ajoutons encore quelques mots sur les bonanzas qui ont rendu le Comstock célèbre.

Ces *bonanzas*, si elles se trouvent à la surface, contiennent de l'argent natif et des chlorures ; si elles sont en profondeur, renferment des sulfures et sulfosels (argyrose, stéphanite, polybasite, proustite, pyrargyrite, tétraédrite, etc.), sans que l'argent y fasse défaut. Il faut aussi rappeler qu'on y a trouvé la pyromorphite, la cérusite, la cuprite, l'arsénolite, la calcite, l'or natif, etc...

Ces bonanzas, encore que gigantesques, ne forment qu'une très petite partie du filon : seulement $\frac{1}{600}$, en tout, d'après Burthe. Quoi

qu'il en soit, et bien qu'elles soient distribuées sans loi connue, elles sont le but des mineurs et la fortune des sociétés qui exploitent les profondeurs de ce filon. Elles se sont rencontrées, de préférence, dans trois portions du Comstock : l'une au Sud (*Yellow Jacquet*, *Gold-Hill*) ; une au centre, comprenant les mines de *Chollar-Potosi*, *Norcross*, *Savage*, *Gould and Carry ;* une, plus au Nord, sur *Mexican* et *Ophir* (voir fig. 366).

La puissance et la richesse de ces bonanzas varient beaucoup.

La bonanza dite *Belcher*, découverte en 1861, avait une longueur de 91 mètres, une profondeur de 100 mètres et donna 7 982 500 francs d'argent ; la bonanza *Crown-Point*, composée de trois amas distincts, avait une largeur moyenne de $18^{m},25$ sur une longueur de 162 mètres ; le minerai y rendait 160 à 700 francs à la tonne et produisit, de 1870 à 1873, pour 53 655 784 francs d'argent ; les bonanzas, dites *Bluewing*, *Potosi*, *Savage*, *Gould*, *Curry*, etc., et, entre toutes, celles du 3e groupe fournissent l'exemple d'une richesse extraordinaire. La bonanza de Potosi a produit 75 millions de francs ; l'extraction montait à 650 tonnes par jour et la tonne de minerai valait de 430 à 620 francs ; en profondeur, elle se termina par une roche quartzeuse mêlée d'argile. A la fin de 1874, on en trouva une, la grande bonanza, qui comprend les trois mines de *Virginia*, *California*, et d'*Ophir*, bonanza de 360 mètres de longueur. Dans la mine d'*Ophir*, le minerai y était estimé à 600 francs la tonne : ce qui n'empêche pas qu'on ait trouvé des nids d'une valeur de plus de 4 000 francs la tonne. On a calculé que, depuis la découverte, on avait retiré de cette bonanza une valeur de 215 000 000 de francs.

Néanmoins, le rendement de 600 francs à la tonne était exceptionnel, même dans ces bonanzas ; le minerai y avait, comme teneur moyenne, d'après les analyses de Stretch :

| | NOMS DES MINES | | | |
|---|---|---|---|---|
| | OPHIR | CALIFORNIA | YELLOW | JACQUET |
| $SiO^2$. . . . . | 63,380 | 65,783 à 67,50 | 98,310 | 96,560 |
| S . . . . . | 7,919 | 11,350 à 8,750 | 0,693 | 0,160 |
| Sb. . . . . | 0,087 | » » | » | » |
| Cu. . . . . | 1,596 | 1,310 à 1,300 | » | » |
| Fe. . . . . | 5,463 | 2,280 à 2,250 | 0,575 | 2,800 |
| Zn. . . . . | 14,455 | 11,307 à 12,850 | » | » |
| Pb. . . . . | 4,151 | 6,141 à 5,700 | » | » |
| Au. . . . . | 0,059 | 0,570 à 0,059 | 0,005 | 0,001 |
| Ag. . . . . | 1,786 | 1,760 à 1,750 | 0,150 | 0,050 |
| | 98,896 | 100,505 à 100,159 | 99,733 | 99,571 |

## *Bibliographie.*

1865. V. Richthofen. — The Comstock lode. San Francisco.

1866. (*Bull. Ann. d. M.*, 6°, t. XIII, p. 500.)

1867. V. Cotta. — Berg. u. Hüttenm Zeitung, p. 413.

1867. Clarence King. — Exploration of the fortieth Parallel, t. III.

1869. V. Richthofen. — Zeitsch. d. d. geol. Gesell, p. 729.

1874. Burthe. — (*Ann. d. M.*, 7e série, t. V, p. 218.)

1874 et 1875. Simonin. — Mines d'argent aux Etats-Unis. (*Revue des Deux-Mondes.*)

1875. Zirkel. — Explor. of the fortieth parallel.

1877. Church. — The Comstock lode.

1878. *Berg. u. H. Z.*, p. 49.

1878. H. Koch. — Zeitsch. prussien, t. XXVI, p. 43.

1878. Raymond. — Mining statistic west of the Rocky Mountains. (*Engineering*, mai 1878.)

1880. Sutro. — The Sutro Tunnel of the Comstock Lode.

1879. Groddeck, p. 226 et 230.

1889. Davies, p. 95.

1883. d'Achiardi, I, 193.

1880. Alexandre del Mar. — Histoire des métaux précieux.

* 1882. Becker. — Geology of the Comstock lode and the Washoe district.

* 1883. Lord. — Comstock; Mining and miners.

## FILONS D'AUSTIN (NEVADA), ETC...

Indépendamment du Comstock, il existe, dans le Nevada, d'autres filons d'argent importants, tels que les filons d'*Austin*, situés à 158 kilomètres de Battle Mountain et à 341 de San-Francisco, sur le mont Toyabe.

Cette montagne est formée de granite, que recouvrent des schistes, des calcaires et des quartzites recoupés par des rhyolithes. Les filons consistent en d'innombrables veines de quartz (on en a compté plus de 5 000) au milieu du granite, de très petite puissance et souvent réduites à deux salbandes argileuses. Les parties les plus riches ont seulement $0^m,25$ à $0^m,40$.

Les principales espèces minérales contenues sont la pyrargyrite, la proustite, l'argyrose, la polybasite, la stéphanite, la tétraédrite et enfin, à la profondeur de 20 à 25 mètres, les chlorures et bromures d'argent en abondance [1].

Tous ces minerais sont dans une gangue de quartz avec silicate rose de manganèse [2]. On les trouve, soit au toit, soit au mur de la veine, parfois même dans les salbandes.

La richesse de ces filons (appelés *North Star*, *Oregon*, etc...) est assez variable. M. Burthe cite :

| | |
|---|---|
| Morris et Cople. . . . . | 0,071 721 Ag. |
| Dollar Hide. . . . . | 0,024 388 |
| Oregon . . . . . | 0,015 775 |
| Plymouth . . . . . | 0,022 376 |

Mais ces chiffres paraissent être exceptionnels et la teneur moyenne est plutôt de 0,004 à 0,005.

La production annuelle était, vers 1875, de 9600 tonnes, d'après Burthe, dont 8700 provenant des mines de la compagnie Manhattan.

Nous citerons encore, comme gisements d'argent remarquables

[1] Nous empruntons cette description à d'Achiardi, 1, 195.

[2] On peut comparer cette association de l'argent et du manganèse à ce que nous avons dit, page 266.

aux Etats-Unis, ceux du district de *Silversandstone*, dans le comté de Washington, à 500 kilomètres au Sud de la cité du *Lac Salé*, compris dans une roche arénacée triasique ou permienne et en relation avec des roches trachytiques.

Le minerai est composé de sulfure et d'argent natif. Dans ces couches argentifères, qui ont de $9^m,15$ à $27^m,45$, abondent, paraît-il, des restes végétaux, en partie transformés en minerai d'argent.

## MINES D'ARGENT DE LA RÉGION DE BUTTE-CITY[1]

### (MONTANA)

Lorsque nous avons étudié, au chapitre du *Cuivre*[2], les filons de l'Anaconda dans l'Etat de Montana, nous avons indiqué les traits caractéristiques de la géologie du pays et mentionné l'existence de mines d'argent à côté des mines de cuivre. Nous rappellerons que l'argent provient là de trois groupes de mines : 1° au Nord, une zone Est-Ouest de filons à sulfures d'argent et galène, avec gangue quartzeuse et silicate de manganèse : Belcher, Risingstar, Moulton, Alice, Lexington, Magna Carta, Granite Mountain, etc. : 2° au Sud-Ouest, les filons à gangue manganésifère de Bluebird ; 3° à l'Est, les filons cuprifères, contenant toujours un peu d'argent accessoire, de l'Anaconda, etc...

L'argent est obtenu, soit par amalgamation dans les silver mills, soit par traitement de minerais cuprifères dans les smelters ; nous avons dit que les premiers pouvaient, en 1890, passer 6 750 tonnes par jour, les seconds 3 500. Nous ajouterons quelques détails sur les principales mines d'argent.

La première, qui ait été ouverte, est la *mine Alice* (en 1876). Pendant longtemps, cette mine fameuse a été le type des mines de Montana ; elle en est encore aujourd'hui, après Lexington, la plus profonde (400 mètres).

A côté de la mine Alice, la mine *Magna Carta* possède une douzaine de veines métallifères, dont la principale a présenté trois remarquables bonanzas.

[1] Coll. *École des Mines*, 2003.

[2] Page 263.

La mine de *Blue bird* est, après Granite Mountain, celle qui produit le plus d'argent en Montana. C'est aussi celle qui a la plus importante usine de chloruration. Le filon est reconnu jusqu'à 160 mètres de profondeur ; il est large et produit environ 100 tonnes par jour. Achetée en 1886, 500.000 francs, cette mine était évaluée, en 1890, plus de 10 millions.

*Moulton* est le prolongement Ouest de la mine Alice. Cette mine, exploitée depuis 1881, est aujourd'hui à 200 mètres de profondeur.

La *Boston and Montana* C° possède un certain nombre de mines, en particulier Mountain Wiew, avec deux filons parallèles, de 13 à 15 mètres de puissance, dont l'un est supposé être le prolongement de celui de l'Anaconda. Ce sont des filons de cuivre argentifère.

Enfin la *mine Lexington*, qui est une mine d'argent proprement dite, présente, pour nous, cet intérêt spécial d'être exploitée au moyen de capitaux français [1] ; elle est, en outre, la plus profonde du district.

Elle se compose de 5 concessions : Lexington, Atlantic, Wild Pat, Allie Brown et Mill Site.

Les filons reconnus sont au nombre de deux : celui, dit de Lexington, dirigé S.-O. et présentant des ramifications secondaires, qui a été exploité tout d'abord ; et la veine Atlantique dirigée O. 20°.N.

En 1891, à l'extrémité Est des travaux, sur la veine Atlantique, la veine avait $2^{m},30$ de large ; à droite venait une salbande ; puis, on avait 2 veines de blende et sulfures divers de 30 centimètres ; 1 mètre de quartz et rhodonite ; une bande de blende et, de nouveau, du quartz.

A un autre front de taille, à 200 mètres de profondeur, la structure filonienne était bien nette : au centre, une veine de quartz géodique ; des deux côtés, de la rhodonite avec bandes de blende ; du minerai d'argent et, vers le toit, un passage progressif à la roche.

Les usines de Lexington ont traité, en 1890, 15 571 tonnes de minerai provenant de la mine et 11 744 tonnes de minerai étranger

[1] Elle appartient à la même compagnie que la mine Old Telegraph de l'Utah.

et produit 553 000 onces d'argent fin et 3 192 onces d'or pour une valeur de 3 296 000 francs. Après avoir été très prospère de 1882 à 1884, la société a traversé ensuite une phase plus difficile.

Le tableau suivant donne la *production des usines du Montana* (mills et smelters) en 1889, en comptant le cuivre à 1 260 francs la tonne et l'argent à 4 fr. 75 l'once (153 francs le kilogramme).

*Boston and Montana Company :*

| | | | |
|---|---|---|---|
| Argent. | 263 107 onces à 4.75 . . . . | 1 249 758 | francs |
| Cuivre. | 11 800 tonnes à 1 260. . . . | 14 868 000 | — |
| Or. . . | 666 onces à 103 francs . . . | 68 598 | — |
| | | 16 186 356 | francs |

*Anaconda Company :*

| | | | |
|---|---|---|---|
| Cuivre. | 31 700 tonnes à 1 260. . . . | 39 942 000 | francs |
| Argent. | 2 000 000 onces à 4,75 . . . | 9 500 000 | — |
| | | 49 442 000 | francs |

*Parrot Compagny :*

| | | | |
|---|---|---|---|
| Argent. | 800 000 onces à 4,75. . . . | 3 800 000 | francs |
| Cuivre. | 5 500 tonnes à 1 260. . . . | 6 930 000 | — |
| | | 10 730 000 | francs |

*Colorado Company :*

| | | | |
|---|---|---|---|
| Argent. | 840 000 onces à 4,75. . . . | 3 990 000 | francs |
| Cuivre. | 1 000 tonnes à 1 260. . . . | 1 260 000 | — |
| Or. . . | 1 800 onces à 103 francs. . | 185 400 | — |
| | | 5 435 400 | francs |

*Butte Reduction Works :*

| | | | |
|---|---|---|---|
| Argent. | 4 000 000 onces à 4,75. . . | 19 000 000 | francs |
| Cuivre. | 3 200 tonnes à 1 260. . . . | 4 032 000 | — |
| | | 23 032 000 | francs |

En ajoutant les autres compagnies, on arrive à 114 millions de francs.

Voici, d'ailleurs, d'après une statistique américaine, les dividendes payés, depuis dix ans, par les mines d'argent, d'or et de cuivre de la région :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Granite Mountain. . . | Deer Lodge . . . | 39 500 000 | francs. |
| Drun-Lammon. . . . | Lewis and Clarke. | 12 500 000 | — |
| Hecla Con. . . . . | Beaverhead . . . | 7 000 000 | — |
| Boston and Montana . | Silver bow. . . . | 4 700 000 | — |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Alice . . . . . | Silver bow. . . . | 4 100 000 | francs |
| Lexington. . . . . | Silver bow. . . . | 2 900 000 | — |
| Boston and Montana (gold) . . . . . | Lewis and Clarke. | 2 700 000 | — |
| Parrot. . . . . | Silver bow. . . . | 2 500 000 | — |

## MINES D'ARGENT DU MEXIQUE[1]

Nous réunirons, dans ce chapitre, tous les gîtes d'argent, du Mexique (sous bien des rapports, comparables), bien que, dans quelques-uns, on puisse voir, à l'occasion, se développer la calcite au lieu du quartz, en même temps qu'apparaît le cuivre gris argentifère (Sonora, etc.).

La richesse en métaux précieux de la grande arête montagneuse, qui s'étend d'un bout à l'autre de l'Amérique, depuis la presqu'île d'Alaska, jusqu'à la Terre-de-Feu, est bien connue.

Le Mexique, en particulier, au Nord de l'Equateur, et le Pérou, qui lui fait, en quelque sorte, pendant dans l'hémisphère austral, ont été, pendant longtemps, après la découverte de l'Amérique, les deux grands centres de production de l'argent dans le monde.

Cette production, qui est extrêmement réduite au Pérou, s'était, de même, considérablement ralentie au Mexique, à la suite de la révolution qui a séparé ce pays de l'Espagne et qui a été le point de départ d'une ère de luttes peu favorable au développement régulier et à la prospérité de l'industrie minière ; mais, depuis quelques années, les richesses du pays ont pu, de nouveau, être mises en valeur. En moins de dix ans, la quantité d'argent extraite a plus que doublé, passant de 605 469 kilogrammes en 1881[2] à 1 325 828 en 1889 ou 1 275 265 en 1891, et le Mexique a repris le second rang parmi les pays producteurs d'argent, juste après les Etats-Unis dont il s'est rapproché rapidement.

Rappelons rapidement l'histoire de ces mines.

Lorsque les Espagnols conquirent le Mexique en 1520, les premiers gisements d'argent qu'ils exploitèrent furent ceux des dis-

[1] Coll. *Ecole des Mines*, n[os] 1641 et 2000.

[2] 90 millions de francs en 1871.

tricts voisins de la capitale : Tasco, Real-del-Monte et Anganguo Puis, peu à peu, on découvrit les autres filons compris dans le cinq grands districts de *Pachuca*, *Guanajato*, *Zacatecas*, *Fresnillo Catorce*, et la production alla constamment en s'accroissant jus qu'en 1753. Vers cette époque, il y eut un temps d'arrêt résul tant du haut prix demandé pour le mercure (nécessaire à l'amal

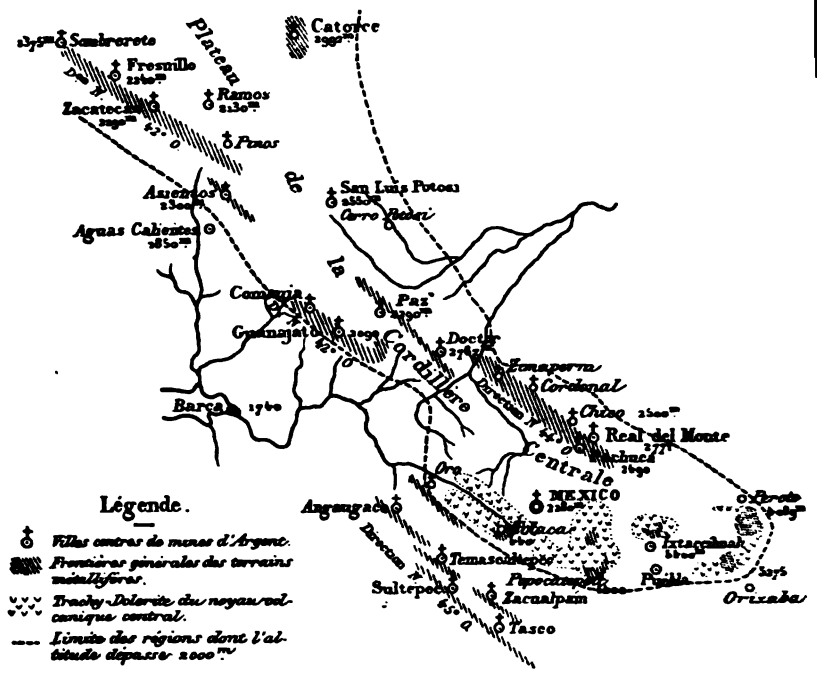



Fig. 369. — Carte de la région des mines d'argent au Mexique (d'après M. Laur).

gamation) par la couronne d'Espagne, qui en avait le monopole à Almaden. De 1763 à 1776, le prix du mercure étant descendu de 435 à 348 francs, puis à 222 francs le quintal (de 46 kilogrammes), l'extraction des métaux précieux grandit bientôt au Mexique. En 1809, elle atteignait 127 millions de francs pour l'argent, 8 millions pour l'or.

La guerre de l'Indépendance, qui survint alors, eut pour résultat de faire retomber la production d'argent, pour vingt ans, au-dessous de 53 millions de francs, et ce n'est guère qu'en 1831 qu'elle commença à se relever un peu.

A ce moment, des compagnies étrangères firent de grands sacrifices pour reprendre les anciennes mines, restées célèbres, de Real-del-Monte, Guanajato (Veta Madre), Bolaños, etc... Mais, lorsqu'on put rentrer dans les travaux, on constata que, par une loi géologique générale en ce pays, les filons d'argent s'appauvrissaient assez vite en profondeur et que les anciens avaient enlevé, dans les parties hautes, tous les minerais les plus riches. Si l'on joint à cela que, malgré la découverte de mines de mercure en Californie, le mercure (qui manque au Mexique) revenait encore, en 1871, sur les mines, à 12 fr. 40 le kilogramme; que le sel, également nécessaire pour l'amalgamation, était aussi fort coûteux, on comprend comment un grand nombre de ces entreprises durent s'interrompre et comment le découragement faillit s'emparer des industriels. Cependant des conditions économiques plus favorables, la découverte de nouveaux gisements et le traitement plus rationnel de minerais, relativement pauvres mais abondants, ont permis à l'industrie argentifère mexicaine de se développer progressivement[1].

Aujourd'hui encore, la production d'argent est surtout concentrée dans les cinq grands districts mentionnés plus haut; nous les décrirons[2], en complétant cette étude par quelques détails sur les gîtes, industriellement moins importants, de Malacate (Sultepec), de San Francisco (Morelos) et de Carmen (Sonora), qui ont été visités par M. Fuchs en 1888.

**Généralités sur l'allure et l'âge des filons.** — Les filons d'argent du Mexique sont tous d'un âge récent, au moins postérieurs au dépôt du jurassique supérieur, représenté, à Catorce, par des calcaires avec Aptychus latus, Am. transitorius, Am. plicatilis, etc.; généralement, ils sont, d'après M. Laur, en relation avec des diorites qu'ils recoupent et antérieurs aux trachytes qui les traversent (Pachuca, Guanajato, etc.); inversement, à San Francisco de Morelos et dans la Sonora, on les trouve concentrés dans des roches trachytiques.

[1] La production d'argent au Mexique, jusqu'en 1893, a dépassé 20 milliards.

[2] Voir, sur ce sujet, un important mémoire de M. Laur. (*Ann. d. M.*, 6e série, t. XX, 1871.)
Nous avons utilisé surtout, outre le mémoire de M. Laur, l'ouvrage de M. Ramirez, Riqueza minera de Mexico.

La relation avec les diorites apparaît, par exemple, au voisinage de *Real* et de *Pachuca*. Près des gîtes d'argent, des dykes de diorite vert foncé, tenant parfois du quartz argentifère, recoupent des assises sédimentaires[1], formées de schistes, avec intercalations d'argilophyres et sont traversés, à leur tour, par des trachytes, devant lesquels s'arrêtent les filons d'argent.

A *Guanajato*, il existe, de même, des dykes de diorite au milieu d'un terrain sédimentaire métamorphique encaissant les filons d'argent et des trachytes traversant l'ensemble. Le filon célèbre de la *Veta Madre* recoupe, depuis le jour : 20 mètres d'un conglomérat rouge à fragments roulés de syénite, mais sans galets de trachyte; puis, 400 mètres de schistes talqueux et, au-dessous, un schiste alumineux noir et très pyriteux, dans lequel il devient stérile. La diorite (Rocaverde), considérée par les mineurs comme d'un bon signe pour la richesse des filons, injecte les schistes talqueux. Les trachytes constituent, au centre du district, la masse du Cerro del Gigante :

A *Zacatecas* et *Fresnillo* (fig. 371 à 373), les filons d'argent recoupent une série d'assises, qui sont de haut en bas :

1° Un conglomérat rouge à ciment argileux contenant, comme à Guanajato, des fragments roulés de syénites sans débris de trachytes;

2° Une roche feldspathique à lamelles d'amphibole, considérée au Mexique comme un porphyre éruptif, et qui est, en réalité, un tuf sédimentaire, composé principalement de débris porphyriques, mais contenant, en outre, des fragments roulés d'autres roches;

3° Un schiste et des calcaires alternant avec des quartzites.

Les filons, très minces dans le conglomérat supérieur, s'élargissent, au contraire, jusqu'à 30 mètres, dans le tuf; au-dessous, dans les schistes, ils sont devenus stériles. Les dykes de diorite sont très abondants au N.-E. et contiennent des veines de quartz argentifère, qui paraissent contemporaines de la cristallisation même; car elles se fondent insensiblement avec la roche éruptive.

Quant au trachyte, il forme, au Sud, le plateau de la Mesa et, au

[1] Ces assises sédimentaires, et particulièrement les argilophyres qui encaissent les filons d'argent, ont été souvent prises pour des porphyres. C'est ainsi, par exemple, qu'ils ont été décrits, d'après Richter et Hübner, par von Groddeck.

centre, le dome de la Bufa, que contourne le filon de la Cantera dont la crête, puissante de 12 à 15 mètres, est en saillie de près de 30 mètres au milieu des tufs. L'inflexion brusque de ce filon, le long du trachyte, porte à penser qu'il était déjà formé et rempli au moment du phénomène mécanique qui a permis l'arrivée au jour de cette roche éruptive.

Enfin, à *Catorce* (fig. 370), on a, paraît-il, des filons de diorite et de porphyre amphibolique, appelés Tosca dans le pays, traversant un anticlinal isolé de calcaires, marnes et schistes. Ces filons, qui ont de 10 à 40 mètres de large et se prolongent sur 3 à 4 000 mètres, sont recoupés par les filons d'argent, dont le principal est le filon San Agustin.

M. Laur a remarqué que les intersections des filons de porphyre et des filons argentifères s'étaient faites souvent à angle droit sans rejet ni déviation, donc sans dislocation violente, et que le porphyre ne pénétrait jamais dans les filons d'argent, tandis que le minerai d'argent s'étendait souvent à travers les filons de porphyre. Il en a conclu qu'il y avait eu là deux systèmes de fractures successifs, le premier ayant été rempli par le porphyre, le second (probablement dû à un retrait par refroidissement), ayant fait rejouer les premières cassures et les cassures normales et ayant été incrusté par les eaux argentifères. Cette hypothèse explique l'existence fréquente de filons d'argent longeant des filons de porphyre, entre le porphyre et le calcaire encaissant et, par suite, dus, sans doute, à une réouverture de ce genre ; d'autant plus que la face de porphyre, mise à nu par les travaux, est alors inégale, sans trace de frottement, et conserve souvent des fragments anguleux du calcaire voisin qui lui sont restés encore adhérents. Il pourrait y avoir, en outre, une certaine relation d'origine entre les minerais d'argent (toujours passant à des sulfures et sulfoantimoniures en profondeur) et les diorites : relation analogue à celle qui, dans la série ancienne, existe, en Norvège, entre les gabbros et les métaux sulfurés ou, dans la série récente, entre les roches vertes du Chili et les minerais de cuivre.

Dans le district de *San Francisco*, au contraire, les filons d'argent, exclusivement concentrés dans un trachyte porphyroïde, se présentent comme remplissant ses fentes de retrait.

**Remplissage des filons.** — Le *remplissage* de ces filons d'argent obéit à une loi très constante, que nous retrouverons dans l'Arizona et dans l'Amérique du Sud, et qui fait se succéder, de haut en bas, dans un ordre toujours le même, les diverses espèces minérales de l'argent. Ceci n'exclut pas, bien entendu, l'existence de zones alternantes riches et pauvres, comme dans tous les filons, les premières portant le nom de bonanzas ; néanmoins il existe, presque dans chaque gîte du Mexique, une période de bonanza principale correspondant à une profondeur assez bien déterminée.

La succession constatée est la suivante :

Près de la surface, on trouve d'abord de l'*argent natif* dans des oxydes de fer ou de manganèse, au milieu d'une gangue de *quartz* carié.

Au-dessous, viennent des *bromures* et *chlorures* d'argent, avec argent natif et mêmes oxydes de fer et de manganèse. La richesse, dans ces deux premières zones, est, le plus souvent, assez médiocre.

En descendant, ces espèces cessent; l'*argent sulfuré*, qui avait déjà apparu, prédomine avec le sulfure antimonié noir et forme la zone de la plus grande richesse (nommée *Bonanza*).

Enfin, à une profondeur plus grande, ces minéraux deviennent plus rares, et sont remplacés par de l'*argent antimonié sulfuré* noir, puis par les *argents rouges*. Peu à peu, les espèces cuivreuses, la blende, etc., apparaissent, et le remplissage, en profondeur, devient définitivement, vers 450 et 500 mètres, un mélange de blende, de pyrite de fer et de quartz.

Ainsi les variations de remplissage des filons en profondeur se résument à trois faits généraux :

1° Prédominance de l'argent natif à la surface, richesse médiocre ;

2° Concentration, au-dessous, du sulfure : zone de la plus grande richesse (bonanza) ;

3° Appauvrissement graduel des gîtes suivant la profondeur.

Ces trois zones se trouvent parfois réunies comme à San Agustin de Catorce ; parfois, la première fait défaut ; mais l'ordre n'en est jamais interverti et l'on est toujours sûr d'arriver à la zone d'appauvrissement en profondeur.

Quand on cherche à expliquer le phénomène, on est tout naturellement tenté d'y voir le résultat d'une sorte de cémentation

provenant des actions extérieures, probablement d'eaux salées, qui auraient apporté le chlore, le brome, etc., quoiqu'il puisse paraître assez singulier de trouver, en profondeur, l'arsenic et l'antimoine, dont les oxydes n'apparaissent jamais aux affleurements et, inversement, de voir, avec le chlore, le brome et l'iode, le manganèse[1] disparaître absolument en profondeur. Mais, si l'on supposait, comme on l'a proposé parfois, des variations originelles et contemporaines du remplissage, tenant à des différences de température et de pression, on se heurterait à une objection encore bien plus grave, celle du changement considérable qui s'est produit, depuis lors, dans le niveau du sol. En outre, quelques observations sur des faits actuels permettent de concevoir le mode d'action de ce métamorphisme.

C'est ainsi qu'à l'extrémité S.-O. de l'îlot syénitique nommé le Petit-Requin (*Little Shack*) dans les îles normandes de la Manche, M. Henwood[2] a étudié un filon d'argent, exploité sous la mer et soumis aux infiltrations salées, qui pénètrent dans les travaux de la mine. Il y a retrouvé une succession comparable à celle des filons mexicains : en haut, chlorure d'argent, minerai d'argent noir, cérusite et anglésite, malachite, azurite, oxyde de fer; plus bas, de l'argent rouge; puis, de la galène, des pyrites de fer et de cuivre.

L'existence de chlorures d'argent aux affleurements de filons, sulfurés et antimoniés en profondeur, est, d'ailleurs, un fait très fréquent, reconnu au Chili, au Pérou, à Leadville, à Huelgoat, etc. Au Mexique, on est particulièrement bien placé pour s'expliquer l'origine du chlore; car, dans toute la partie centrale du pays (San-Luis, Zacatecas, Durango, etc.), il existe des lagunes salées, exploitées pour fournir le sel nécessaire au traitement de l'argent et dont le sel paraît provenir simplement du lavage des terrains volcaniques avoisinants; de même, à Leadville, on a la preuve que le grand lac salé des Mormons a occupé autrefois un niveau bien supérieur à celui qu'il atteint aujourd'hui et couvert les affleurements métallifères. Dans toutes les régions sèches des

[1] Voir, sur les gîtes d'argent manganésifères, pages 266 et 807.

[2] Henwood. On metalliferous deposits, t. I, p. 530.

Andes, sur les hauts plateaux, dans les parties désertiques, les eaux soumises à une évaporation et à une concentration sur place se chargent vite d'éléments salins[1]. Leur pénétration au contact des filons a dû soumettre naturellement ceux-ci à un lessivage chlorurant qui, venant après une période d'oxydation, a produit des effets très analogues à ceux de certains traitements métallurgiques ayant pour but d'extraire les métaux précieux.

En dehors de cette succession, si l'on essaye de grouper les filons d'après la nature de leur remplissage, on n'arrive à aucune classification nette. La distinction, qui a été proposée par von Groddeck, entre les filons du type Schemnitz à gangue quartzeuse encaissés dans des roches éruptives et ceux du type Brand (près Freiberg) à gangue de calcite encaissés dans des sédiments, est toute artificielle. Outre que le même filon passe d'une roche éruptive à un sédiment, on voit également parfois, suivant les points, le quartz ou la calcite dominer dans son remplissage, en même temps que la nature des minerais aussi se modifie. Le seul fait général à noter, dès à présent, c'est la prédominance du quartz cristallin, souvent violet, parfois accompagné de calcite (à l'exclusion de la barytine) avec les minerais d'argent.

Donnons maintenant quelques détails sur les principaux gîtes, en les passant en revue du Nord au Sud :

**1° Mines du Carmen dans la Sonora mexicaine**[2]. — La première province que nous rencontrons, au Nord, est la Sonora, prolongement du territoire d'Arizona aux Etats-Unis.

Depuis la révolution mexicaine, la situation y était particulièrement difficile, les Apaches ayant, pendant vingt ans, organisé une véritable chasse à l'homme, et ce n'est guère qu'en 1887, que, par une action combinée des Etats-Unis et du Mexique, on est arrivé à rétablir l'ordre. Aussi, les richesses de cette contrée commencent-elles, à peine, à être mises en valeur[3].

Les mines du Carmen sont situées au milieu des ramifications

[1] Voir tome I, p. 522.

[2] Extrait d'un rapport inédit de M. Fuchs (1888).

[3] Cependant la ville d'Hermosillo (Pitic) est connue, comme centre minier, depuis le commencement du siècle.

le la Sierra Madre, dans la Sierra de Arispe, à une faible distance et sur la rive gauche du Rio de Sonora, qui traverse l'État de ce nom.

Les éléments géologiques de la région semblent être : 1° un granite ancien à deux feldspath et à mica noir, recoupé par des filons de granite récent et de syénite (?) ;

2° Des gneiss et schistes cristallins ;

3° Une série puissante de porphyres feldspathiques, généralement roses, quelquefois verdâtres, avec tufs et conglomérats associés (de Tombstone à Bacuacchi) ;

4° Des porphyres trachytiques, généralement verts, surtout visibles dans le voisinage du Carmen et paraissant en relation avec les gîtes d'argent;

5° Un groupe complexe de calcaires blancs ou grisâtres, alternant avec des tufs feldspathiques aux couleurs vives, comparables à ceux du Boléo[1] et sans doute du même âge (miocène) ;

6° Des formations laviques ;

7° Des alluvions d'une épaisseur exceptionnelle, qui forment, sur les deux flancs de la vallée de la Sonora, de hautes terrasses de gros graviers et de sables recouvertes d'un limon très souvent découpé en erdpyramiden, au-dessus duquel on retrouve parfois un conglomérat à gros blocs. En sorte qu'il semble y avoir eu là, dans les phénomènes diluviens, deux phases distinctes, séparées par un repos relatif et dont la dernière se rattacherait peut-être, comme âge, au début des grandes éruptions volcaniques du Popocatepelt et du Nevado de Tolucca.

D'après M. Fuchs, à chacune des venues de roches éruptives correspondrait une venue hydrothermale métallifère :

1° Au granite récent, le quartz aurifère de la Sierra de la Purica, à l'Est de Bacuacchi et, peut-être, l'appareil métallifère complexe des environs de Tombstone ;

2° Aux porphyres roses, les gîtes de cuivre gris argentifère de la Sierra de Manzanal ;

3° Aux porphyres trachytiques verdâtres, les filons du Carmen, etc., renfermant les minerais d'argent proprement dits avec

[1] Voir page 349.

pyrites et peut-être sulfures de plomb et zinc, qui semblent exclusivement concentrés dans leurs fissures.

Nous ne nous occuperons que de la troisième catégorie.

Les filons de la région du Carmen sont, en général, à 160°, quoiqu'ils convergent légèrement vers le Nord, et se poursuivent sur environ 10 kilomètres de long.

Le plus important est celui de Santa-Maria, connu sur 5 kilomètres; puis vient celui de Puertecito ou Babicanora, etc.

Le remplissage est très complexe; les minerais dominant sont les minerais argentifères proprement dits : la proustite et l'argent rouge (sulfure et arsénio-sulfure d'argent) et surtout une prolybasite riche en arsenic et antimoine et contenant du plomb et du cuivre. A l'argent est associé un peu d'or, qui a formé, dans les ravins, quelques petits placers. En outre, il existe de la pyrite de fer, quelquefois de la pyrite de cuivre, du cuivre gris très rare et un peu de galène. La gangue est essentiellement quartzeuse; un peu de calcite semble correspondre à la phase finale du remplissage. Le filon de Santa-Maria est un filon d'incrustation net présentant :

1° Aux épontes, une première zone de sulfure d'argent et de polybasite avec quartz amorphe;

2° Une seconde zone de pyrites de fer et de cuivre avec gangue de chlorite;

3° Du quartz avec des minerais argentifères en mouches;

4° Tout à fait dans l'axe, quelquefois, de la calcite et du quartz avec mouches d'argent. Aucun phénomène de brèches ou de cassure ne se présentant, le remplissage semble unique.

La teneur moyenne, après triage rudimentaire, a paru à M. Fuchs de $4^{kg},5$ d'argent et de 20 grammes d'or à la tonne dans les parties supérieures utiles, c'est-à-dire riches, des filons.

L'allure de ces filons est assez complexe. Santa-Maria est tantôt un filon unique avec venues successives bien caractérisées, tantôt un faisceau de veinules de 1 à 10 centimètres, où la loi du remplissage est alors beaucoup moins nette.

A son extrémité Nord, le filon de Santa-Maria n'est plus représenté que par deux veinules d'une épaisseur totale de $0^{m},35$. M. Fuchs admettait une épaisseur moyenne de $1^{m},25$.

La présence d'une salbande argileuse lui faisait considérer le

filon comme « a true fissure vein » et non comme une fissure de retrait limitée en profondeur.

Quand le filon n'est pas séparé du trachyte par une salbande argileuse nette — et cela se produit chaque fois qu'il se subdivise en une série de veines — il y a, au contact, une imprégnation principalement pyriteuse.

2° **Chihuahua.** — A l'Est de la Sonora, l'état de Chihuahua renferme les importantes mines de Santa Eulalia, qui ont déjà fourni plus de 700 millions de francs d'argent, celles de Batopilas qui en ont donné 300 millions, celles de Guadalupe y Calvo, etc.

Puis, en descendant plus au Sud[1], nous entrons dans la région, anciennement connue et exploitée, du Mexique, sur laquelle ont porté les études de M. Laur.

3° **Catorce.** — A *Catorce* (fig. 370), les filons d'argent sont très continus et très prolongés. C'est ainsi que le filon San Agustin,

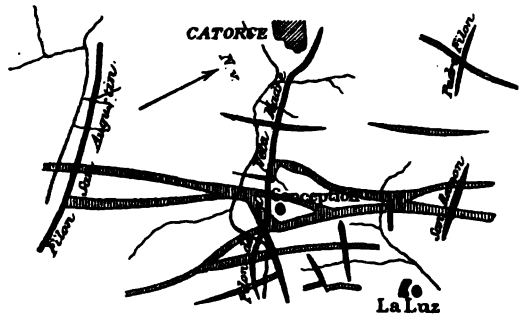



Fig. 370. — Carte du district de Catorce (d'après M. Laur).

mentionné plus haut[2], a plus de 3 kilomètres de long, avec souvent 12 mètres de puissance. Nous avons là un exemple réduit, mais déjà remarquable, de ces gigantesques filons de la Sierra Nevada, dont le plus célèbre est le mother lode de Californie, filon

[1] A Durango se trouve une montagne fameuse de magnétite, le *Cerro de Mercado*.
[2] Page 815.

de quartz aurifère qu'on peut suivre sur 110 kilomètres de long, dans les vallées du San Joaquin et du Sacramento.

Les filons de Catorce se distinguent, entre tous ceux du Mexique, par l'état poreux et cristallin de leurs minerais et par la très grande variété des espèces minérales qu'ils renferment.

4° **Fresnillo.** — Les exploitations de *Fresnillo*[1] (fig. 371) ont été commencées en 1824 et atteignaient 400 mètres en 1871, au quartier du Cerro de Proâno.

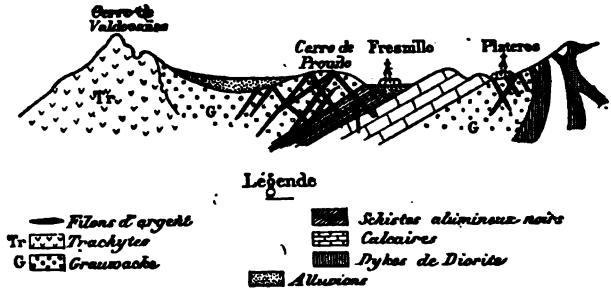



Fig. 371. — Coupe des filons argentifères de Fresnillo.

Le nombre des mines était, en 1876, de 140.

Le rendement, en grammes d'argent pour 100 kilogrammes de minerai, y a subi la décroissance suivante, à mesure que les travaux s'enfonçaient :

| 1835 | 1839 | 1844 | 1849 | 1854 | 1859 | 1863 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 223 | 146 | 115 | 78 | 63 | 62 | 56 |

Malgré la faible teneur finale, l'abondance des minerais est telle que les mines du Fresnillo ont produit, de 1859 à 1860, 29 millions de francs d'argent et réalisé un bénéfice net d'environ 540 000 francs.

On y trouve, outre l'or et l'argent, des minerais de fer, de cuivre, de plomb, de zinc, du cinabre, etc.

A Nieves, le minerai est de la galène argentifère; à Noria de Angeles, un mélange de galène et pyrite arsenicale; à Ojo Caliente, de la galène et de la pyrite dans une gangue de quartz. A la mine

[1] Ramirez. *Loc. cit.*, p. 614. — Voir, plus haut, p. 814.

de Candelaria, la proportion d'or est notable; à San Miguel, on a rencontré le cinabre, etc.

5° **Zacatecas.** — A *Zacatecas*[1], les filons sont généralement très sinueux et bifurqués. On peut citer ceux de la Cantera, Quebradilla, El Bote, Mala Noche, la Plata, Veta Grande.

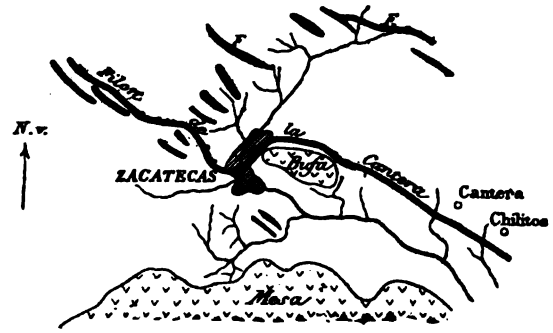



Fig. 372. — Carte du district argentifère de Zacatecas (d'après M. Laur).

La Veta Grande de Zacatecas est, comme la Veta Madre de Guanajuato, celle de Potosi en Bolivie, le Comstock en Nevada, etc., un filon célèbre qui, de 1548 à 1832, a donné plus de 3 milliards de francs d'argent.

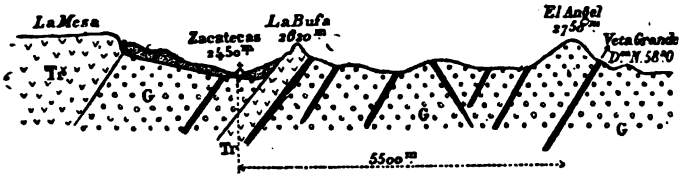



Fig. 373. — Coupe des filons argentifères de Zacatecas (d'après M. Laur).

D'après don Francisco de Zarate, si l'on étudie la disposition des minerais de Veta Grande ou de la Plata, on voit : à la partie supérieure, des veines ramifiées de minerais d'argent; plus bas, des zones symétriques entre le quartz et la calcite; au-dessous, de la pyrite, de la galène et de la blende, souvent disposées par zones concentriques, en nodules, en « boleos », avec un peu d'argent natif.

[1] Ramirez. *Loc. cit.*, p. 600. — Voir, plus haut, p. 814.

La zone riche (bonanza) y commence souvent dès une profondeur de 30 à 40 mètres.

On peut citer, en premier lieu, parmi les mines de ce district, *Quebradilla*, une des plus anciennes du Mexique, qui, de 1854 à 1863, a produit 54 651 tonnes de minerai, contenant 81 045 kilogrammes d'argent et donné 3 millions de bénéfice.

En 1876, l'extraction a été de 13 000 tonnes de minerai avec une dépense de 90 francs et la production résultante de 9 430 kilogrammes d'argent.

Puis viennent Malanoche, la Plata, Panuco.

En 1886, plus de 15 000 mineurs travaillaient dans le district de Zacatecas.

6° **Guanajuato.** — Le district de *Guanajuato*[1], autrefois très célèbre et maintes fois décrit, a généralement donné, dans ces dernières années, des résultats inférieurs à ce qu'on espérait.

Le principal filon est celui de la *Veta Madre*, exploité depuis 1558 et dont nous avons parlé plus haut[2]; on y a trouvé, au-dessous des conglomérats rouges superficiels, une remarquable bonanza, où le filon atteignait 150 mètres de large avec des zones minéralisées continues de 30 à 40 mètres[3]. Le remplissage principal était formé de quartz, parfois amorphe, parfois cristallin et teint en améthyste et de calcite, avec un peu de sidérose et de fluorine et des débris des schistes encaissants. Les minerais d'argent, rencontrés dans la bonanza, étaient l'argent natif, l'argyrose, la pasturose (rare), avec l'argent rouge et le cuivre gris; plus bas, les minerais sont devenus sulfurés et antimoniés.

A côté de ce filon et de ceux de son groupe, dirigés à 135°, ceux de la Luz, dirigés N.-S., ont de 3 à 5 mètres, rarement 15 mètres de puissance; ils contiennent du quartz et de la calcite avec des minerais d'argent formant parfois des géodes magnifiques.

Dans ce groupe est le filon de San Bernabé, qui a été le plus anciennement exploité à Guanajuato.

[1] Ramirez. *Loc. cit.*, p. 413.

[2] Page 814. Il a été décrit par de Humboldt (Essai sur la Nouvelle-Espagne. Paris, 1836, t. III, p. 82), comme un filon couche.

[3] Cette bonanza fameuse de la mine de Valenciana produisit annuellement, de 1768 à 1810, plus de 7 millions de francs.

Les mines les plus fameuses de Guanajuato sont : la Valenciana, la mine la plus profonde du Mexique (622 mètres) et qui fut, un moment, la plus profonde du monde, mine abandonnée en 1820 après avoir produit, au moins, un milliard et demi (plus de trois milliards, suivant Emmons)[1]; reprise en 1824 sans succès par une compagnie anglaise; envahie alors par les eaux; épuisée encore une fois en 1873 et exploitée aujourd'hui; puis Rayaz, la Luz, etc...

En 1839 et 1840, Rayaz a produit 9 853 tonnes de minerai donnent 22 572 kilogrammes d'argent, soit 225$^{kr}$,72 par 100 kilogrammes.

7° **Real del Monte et Pachuca.** — *Real del Monte* et *Pachuca* sont encore de ces mines fameuses par leur extraordinaire richesse.

La bonanza de la Veta Madre de Real del Monte fournit, en douze ans, de 1759 à 1771, à son propriétaire, don Pedro Torreros, la somme nette de 30 millions de francs. Plus récemment, ces mines ont produit, de 1828 à 1858, entre les mains d'une compagnie anglaise, puis d'une société mexicaine, 507 912 tonnes de minerai ayant donné 1 219 633 kilogrammes d'argent, soit un rendement moyen de 240$^{kr}$,10 d'argent pour 100 kilogrammes. La principale mine du district est Rosario, qui était, il y a vingt ans, la mine la plus productive du Mexique. Cette seule mine a donné, de 1851 à 1862, 178 590 tonnes de minerai et 485 503 kilogrammes d'argent aurifère, soit 271$^{kr}$,8 d'argent aux 100 kilogrammes, avec un bénéfice de 60 millions. L'argent contient, en moyenne, 0,20 p. 100 d'or.

Le remplissage principal consiste en quartz et brèche des roches encaissantes; la calcite est rare, la barytine plus rare encore; les minerais prédominants sont l'argent natif et l'argyrose, généralement en fines imprégnations.

Comme filons, on peut citer la Veta Viscayna, de 3$^{m}$,30 de puissance, qui a été suivie sur 10 kilomètres; Arevalo, près d'El Chico, qui a 16$^{m}$,70 à 25 mètres de puissance, mais contient beaucoup de parties stériles, etc.

A Pachuca, on compte plus de 150 mines, parmi lesquelles celle de Santa Gertrude, très prospère dans les années qui ont suivi 1877.

[1] De 1768 à 1810, on en a extrait annuellement plus de 38 millions de francs.

8° **Sultepec, Zacualpan, Malacate, etc.** — Au Sud de Mexico, se trouvent les mines de *Guadalupe del Oro*, de *Sultepec*[1], *Zacualpan*, *Temascaltepec*, *Malacate*, etc.

Les roches constituant la région sont des schistes, des porphyres en relation avec les émanations métallifères, et des dolérites.

A *Zacualpan*, les filons, très disséminés au milieu des schistes, ont une gangue de quartz et calcite avec métaux sulfurés divers.

A *Sultepec*, ils sont surtout formés de galène argentifère pauvre en argent, avec pyrite de fer et de cuivre. Il y a là, dans le massif du Nevado de Tolucca, un groupe de mines déjà exploitées avant la conquête espagnole, sur lequel nous donnerons quelques renseignements, empruntés à un rapport inédit de M. Fuchs.

Le district de *Malacate*, à 8 kilomètres de Sultepec, comprend quatre mines : Rosario, la Cruz, Carmen et Gran Socabon, qui passent pour avoir fourni 400 millions de francs d'argent avant la révolution mexicaine.

Le sol est exclusivement formé de schistes quartzeux et micacés métamorphiques, fortement redressés, dont la direction générale va de l'Est à l'Ouest. Ces schistes, à l'Est, s'appuient sur un contrefort du Nevado de Tolucca, constitué par des roches trachytiques, dont divers filons les traversent. L'un de ces filons de trachyte est considéré comme formant la limite orientale de la zone métallifère.

On distingue, à Malacate, une douzaine de filons, divisés en deux groupes, les uns à 90° N. (Capulin, Pascual, Concepcion), les seconds croiseurs à 145° (Providencia, Veta Nueva, etc.) :

1° Le *Capulin* est formé de trois ou quatre filons très rapprochés et quelquefois reliés entre eux, soit par des veinules obliques, soit par une imprégnation pyriteuse. Il n'y a pas de salbandes, mais une imprégnation progressive. L'épaisseur totale des filons est de 1 mètre à $1^{m},50$.

Le remplissage, essentiellement pyriteux, comprend pyrites de fer, de cuivre et pyrites blanches plus ou moins arsenicales, peu ou pas de galène et blende.

Ces pyrites sont aurifères et, près des affleurements, l'or natif

[1] Ramirez. *Loc. cit.*, p. 499.

s'y est isolé. L'argent y existe aussi. La gangue est quartzeuse;

2° Le *Pascual* est celui qui a été surtout exploité autrefois ; sa puissance utile est un peu supérieure à celle du Capulin. En raison de la bifurcation des veines, la puissance totale dépasse parfois 6 mètres. Le remplissage, assez complexe, est essentiellement formé de minerais d'argent disséminés au milieu d'une gangue de quartz et d'argile blanche kaolineuse. A ces minerais viennent s'ajouter : la galène, peu argentifère (très utile pour le traitement par voie sèche), la pyrite et la blende. Enfin, la calcite semble la dernière phase du remplissage, phase accompagnée de minerais d'argent abondants dans plusieurs districts du Mexique;

*Concepcion* est très analogue à Pascual;

*Providencia* contient surtout des minerais d'argent : argent natif, argent rouge et proustite (sulfure d'argent noir) ;

*Veta Nueva* atteint 5 mètres de puissance. Il comprend deux éléments, l'un plombeux (sulfure et carbonate), l'autre pyriteux, tous deux argentifères. Sa plus grande richesse est concentrée vers ses intersections avec les autres filons.

Les minerais sont habituellement classés en plusieurs catégories :

Minerais riches pouvant supporter un transport au loin ;
Minerais moyens, moins argentifères, plus riches en pyrite et galène, susceptibles d'être enrichis mécaniquement et généralement réservés en haldes au Mexique;
Minerais dits de Patio ;
Minerais plombeux propres à la voie sèche.

A Pascual, M. Fuchs a trouvé 1$^{k}$,70 d'argent à la tonne avec un peu d'or en relation avec les pyrites.

9° **Mines de San Francisco** (Morelos)[1]. — Le groupe des mines de San Francisco est situé à environ 60 kilomètres de la petite ville de Huauntla (Morelos), station terminus d'un embranchement du chemin de fer de Mexico à la Vera-Cruz et près de la limite des deux Etats de Mexico et de Guerero.

L'altitude est de 1 000 à 1 500 mètres (commencement des terres froides) et le climat est sain.

[1] Extrait d'un rapport inédit de M. Fuchs.

La géologie du pays est assez complexe :

Après être sorti du grand massif de roches volcaniques, qui se développe autour du Popocatepelt et dont l'altitude moyenne est de 2 000 mètres, on entre dans une série de terrains stratifiés, formés d'alternances complexes de calcaires, de marnes et de tufs (porphyres stratifiés de MM. Dollfus et Hauteville, dans l'Amérique du Nord, de M. Domeyko, dans l'Amérique du Sud).

Ces terrains sont recoupés par une puissante formation de trachytes porphyroïdes, dans lesquels les gîtes métallifères de San-Francisco sont exclusivement concentrés.

Ces filons eux-mêmes, contrairement à ce que nous avons vu dans les gîtes précédents, sont postérieurs au trachyte, car ils présentent des salbandes avec surfaces de glissement et exercent localement une action métamorphique sur leurs épontes. Le tout est enfin recoupé par des dykes basaltiques.

Les filons de San Francisco sont au nombre de 4 ou 5 : grand filon de San Francisco Peregrina et filon moins important d'Esperanza, à 200 mètres du précédent ; filons Santiago et San Esteban, en dehors de la concession étudiée.

Le filon de San Francisco est ce que les Américains appellent *a true fissure vein* (une véritable fracture filonienne). Sa direction est à 60°. Sa puissance est de $1^m,20$ à $1^m,30$. Le remplissage, assez complexe, est formé, tout d'abord, d'un quartz plus ou moins violacé, au milieu duquel sont disséminées des mouches extrêmement fines de minerais d'argent divers. Au-dessus du niveau hydrostatique (seule partie explorée jusqu'ici), on trouve : sulfure d'argent, polybasite, chlorobromure et chloroiodure, avec un peu d'argent natif ; en outre, cuivre gris et galène argentifère. En direction et au même niveau, le remplissage passe du cuivre gris à la galène.

Si l'on parcourt, en effet, le filon de l'Ouest à l'Est, on trouve d'abord, dans la concession de Tlalchichilpa, la prédominance, parfois exclusive, du cuivre gris. Dans la concession Santa Ana, le cuivre gris diminue et n'apparaît plus qu'en mouches au milieu des minerais d'argent ; dans la mine de San Francisco, le cuivre gris disparaît, et l'on commence à trouver de la galène, qui devient très abondante à l'Est, sur Peregrina.

La teneur est, d'après des prises d'essai : à San Francisco, d'envi-

ron 1k,700 d'argent à la tonne; à Peregrina, de 2k,700 sans trace d'or.

En profondeur, on doit admettre, comme aux mines précédemment étudiées, que la teneur en argent ira constamment en diminuant.

*Bibliographie.*

1813. Sur Zacatecas. (*Neues Jahrb. f. Mineral*, p. 249.)
SAINT-CLAIR DUPORT. — Le Mexique.
1857. VIRLET D'AOUST. — Géol. du Mexique. (*B. S. G.*, 16 nov.)
1866. TILMANN. — Der Bergbau von Guanajato. Münster.
* 1871. LAUR. — Métallurgie de l'argent au Mexique. (*Ann. d. M.*, 6e, t. XX, p. 38.)
1873. RICHTER et HÜBNER. — (*Zeitschrift im preuss. St.*, t. XXI, p. 103.)
1877. H.-S. JACOB. — (*Mining Journal.*)
1879. VON GRODDECK, p. 236 et 300.
* 1884. SANTIAGO RAMIREZ. — Noticia historica de la Riqueza minera de Mexico.
1888. FUCHS. — Rapports inédits sur les mines de Carmen, Malacate et San Francisco (Morelos).
1889. ANT. DEL CASTILLO. — Essai d'une carte géologique et carte minière du Mexique (au $\frac{1}{3\,000\,000}$).
1891. RECLUS. — Géographie universelle, t. XVII, p. 293 (avec carte des mines du Mexique).

## MINES D'ARGENT DU PÉROU [1]

Le Pérou possède un grand nombre de riches mines d'argent: dans la province de *Choca*, celle de *Cajamarka* (mines de *Hualgayoc*, *Guamachuco* et *Conchucos* et autres près du *Cerro de Pasco*); d'autres dans la province de *Castro Virreina* et, plus spécialement, dans le département de *Huanca Velica;* dans la province de *Purro* et de la *Union* près d'*Arequipa*; dans la province de *Jarapaca* ou *Tarapaca* (mine de *Huantajaya*, fameuse autrefois), etc... Les plus grands travaux ont été faits sur le *Cerro de Pasco* (dans la province du même nom), montagne haute de 4 352 mètres, d'où on put extraire, sans interruption, du minerai d'argent, malgré le froid intense résultant de l'altitude, depuis la fin de 1630 jusqu'à nos jours, et qui passe pour avoir produit près de 2 milliards de francs d'argent.

[1] Nous empruntons une grande partie de cette description à d'Achiardi : *I metalli*, I, 187. — Voir, dans Reclus : *Géographie*, t. XVIII, p. 589 et 615, des Cartes du Cerro Pasco et de l'ensemble des mines du Pérou.
Le Cerro de Pasco est relié à Lima par la voie ferrée de Lima à la Oroya.

En 1879, dans le district de Pasco, il y avait 179 mines en activité et 694 abandonnées, réunies en différents groupes, dont le principal est celui de *Santa-Rosa*. Les autres groupes sont ceux de *Yanacancha*, *Cayac*, *Mataderia*, *Champimarca*, *Yauricoca*, *Paccha*, *Patarcocha*, *Tingo*, etc.

La production du Cerro de Pasco, bien que diminuée, est encore notable :

| | | | |
|---|---|---|---|
| En 1804 | elle a été de | 78 204 | kilogrammes d'Ag. |
| 1842 | — | 94 652 | — |
| 1864 | — | 54 610 | — |
| 1878 | — | 38 947 | — |

En 1891, l'ensemble du Pérou a produit 74 869 kilogrammes d'argent.

La teneur moyenne des minerais aujourd'hui traités à Pasco varie de 0,00106 à 0,00122.

Dans le plus grand nombre des mines péruviennes se reproduisent les mêmes variations en profondeur que nous avons rencontrées au Mexique et que nous retrouverons au Chili et en Bolivie. Sur le Cerro de Pasco, par exemple, on distingue plusieurs sortes de minerais :

1° Les *Pacos* ou *Cascajos* correspondent au *Colorados* du Mexique ; ce sont des minerais rouges, riches en oxydes, qui prennent le nom de *llampos* s'ils sont terreux, de *pedernales* s'ils sont formés d'un sable siliceux imprégné d'oxyde de fer. Le nom de *cascajos* est réservé au minerai en roche. Leur teneur la plus faible en argent est de 330 grammes à la tonne et la teneur moyenne de 500 grammes ;

2° Les *Bronzes* se rencontrent sous les *pacos* et tirent leur nom de la présence des pyrites de fer et de cuivre, les premières plus abondantes que les secondes. Si la pyrite de fer est pure, le minerai est pauvre en argent ; celle de cuivre est plus ou moins riche suivant la quantité qu'elle tient de ce métal ;

3° Les *Pavonados*, en grande partie déjà constitués de sulfosels, apparaissent dans les parties inférieures du gisement métallifère et rendent 8 à 9 kilogrammes à la tonne ;

4° Les *Minerais plombeux* sont principalement formés de galène ayant une teneur en argent qui varie d'habitude de 1 à 5 kilogrammes à la tonne.

Dans quelques mines abonde la tétraédrite, qui fait partie des minerais appelés *Pavonados* et une tétraédrite très riche, comme la *Malinowskite* des mines *Llacca* et *Carpa* (province de Huaraz), qui tient de 10 à 13 p. 100 d'argent ; comme celle de *Huallanca*, dont on tire plus de 24 kilogrammes d'argent à la tonne et comme celle des mines suivantes :

| | | Ag. | | | Ag. |
|---|---|---|---|---|---|
| Huancarama | tétraédrite à | 0,000 306 | Asuncion | tétraédrite à | 0,008 508 |
| Yanahuanca | — | 0,002 755 | Los Muertos | — | 0,006 489 |
| Santa-Maria | — | 0,005 417 | La Confianza | — | 0,016 530 |
| Gonzalès | — | 0,005 815 | San Domingo | — | 0,011 049 |
| San Blas | — | 0,013 406 | San Pedro | — | 0,016 316 |

On rentre alors dans la catégorie des gîtes de cuivre gris argentifère, dont nous décrirons un type péruvien, celui de Recuay, au chapitre spécial que nous leur avons consacré [1].

Ces minerais se trouvent habituellement dans des filons à gangue quartzeuse, et il y en a quelquefois de gigantesques comme sur le Cerro de Pasco, où les saillies qu'ils font, au-dessus de la roche encaissante, ont été désignés sous le nom de *crestones*. Dans la gangue quartzeuse, — vacuolaire ou compacte, selon qu'on l'observe à la surface ou en profondeur, — les minerais d'argent sont distribués en veines ou en colonnes, formant ainsi des amoncellements considérables, analogues à ceux que l'on désigne sous le nom de *bonanzas* dans les filons les plus riches du Mexique et du Nevada, et que l'on appelle, au Pérou, des *tajos*.

Le développement des pacos est en relation intime avec la nature de la roche encaissante, variable suivant les mines. Ils sont très abondants là où cette roche est sableuse et schisteuse, et manquent ou sont rares, quand elle est calcaire comme dans la montagne de Vinchos, dans la mine de Huallanca et dans d'autres du Cerro de Pasco. La qualité du minerai semble être également en relation avec la nature de la roche, et Raimondi rapporte que, si la roche est sableuse, la tétraédrite domine, si elle est calcaire, ce sont les minerais proprement dits d'argent et de plomb. Les meilleurs filons sont, paraît-il, dans le terrain jurassique.

Quelquefois, les filons apparaissent au contact de roches diffé-

[1] Page 855.

rentes, calcaires au mur, sableuses au toit, comme à la *Trinidad*, *à Notre-Dame, à Descubridora*, etc.

*Bibliographie.*

1852. Mines d'argent du Cerro de Pasco et mines d'or de Caravaya (Pérou). (*Ann. d. M.*, 5e, t. II, p. 587.)

1870. D'Achiardi. — Minerali e rocce del Peru.

1878. Raimondi. — Min. Pérou. (Paris.)

1878. Henry Sewell. — On the min. caves of Huallanca, Pérou. (*Ann. J. of Sc.*, n° 88, p. 317.)

1879. Rath. — Erinner. Pariser Weltaustell. (Bonn.)

1879. Anal. of the tetraedrite from Huallanca, Péru. (*Ann. J. of Sc.*, 1879, 17, 101, 401.)

1879. Soetbeer. — Edel Metal Production. (Petermann's Mittheil.)

1879. Les mines d'argent du Cerro de Pasco. (*La Nature*, 10 mai 1879, p. 358.)

1880. Percy. — Metal. gold. a. silver, p. 208.

1881. du Chatenet. — Ind. minér. dans le Cerro de Pasco. (*Ann. d. M.*, 7e, t. XIX, p. 61.)

1883. d'Achiardi. — I metalli, t. Ier, p. 185.

* 1888. Hodges. — Geology of the Cerro de Pasco. (*Ann. Inst. of min. Eng.*)

**Filons d'argent de la République Argentine**[1]. — Certains filons de la République Argentine rentrent dans le type à gangue quartzeuse : ainsi, dans la province de Rioja, le *Cerro de Famatina*, comprenant les districts de la Mejicana, Los Bayos, El Tigre, Cerro Nergo, Caldera Vieja et Caldera Nueva, El Oro et l'Ampallo. Là, on exploite, au milieu des schistes ardoisiers, des filons quartzeux riches en argent natif et en chlorure avec sulfure d'argent, pyrargyrite, proustite, polybasite, etc.

La mine de *Cerro de Cacheuta*, province de Mendoza, contient des minerais de sélénium. Le filon, qui recoupe un trachyte, donnait, à la surface, des minerais à 20 p. 100 d'argent. Cette teneur s'est réduite à 1 ou 2 pour mille en profondeur.

**Filons d'argent du Japon**[2]. — Au Japon, on exploite également, au milieu de roches éruptives tertiaires, quelques filons de quartz

[1] Coll., *Ecole des Mines*, 1754.

Voir : 1877, Stelzner : die nutzb. Mineralien der Argent Rep. (*Berg. u. Hüt. Zeit.*, 340-343.) — 1882, Forrest : les mines d'argent de Famatina. (*Bull. de l'École des Mines*, p. 98.) — 1883, d'Achiardi : I metalli, p. 189. — 1889. Hoskold : Mémoire sur les mines et la mét. de la Rép. Arg. (pour l'Exposition universelle.)

[2] Coll., *Ecole des Mines*, 1660.

Voir : 1878, Godfrey : On the geol. of Japan. (*Quart. Journ. geol. Soc.* London, 1878, 34, 135, 550.) — 1883, d'Achiardi : I metalli, 1, 180.

argentifères qui se rapportent au type Schemnitz, Comstock, etc...

Ainsi, dans la partie Ouest de l'île de *Sado*, trois filons de quartz nommés Torigoi, Aoban et Hiakumai recoupent une rhyolithe et contiennent de l'argent et de l'or natif avec des minerais sulfurés.

Dans la province de *Ugo*, la mine d'Innai est ouverte sur un filon quartzeux riche en argyrose, blende et chalcopyrite.

A *Ikuno*, dans la province de Tajima, des filons d'argent et or natif avec argyrose recoupent une rhyolithe.

A la mine Kosaka, dans la province de Rikuchu, les filons traversent une roche qualifiée de porphyre feldspathique, etc...

## MINE DE BROKEN HILL

### (DISTRICT DE SILVERTON (AUSTRALIE)

L'Australie est devenue, depuis 1883, un centre important de production pour l'argent, comme elle l'était déjà pour l'or.

C'est en 1883 que fut découvert, dans le district de Silverton, (Nouvelle-Galles du Sud), le beau filon de Broken-Hill[1], au voisinage duquel s'est créée rapidement une ville de 25 000 habitants. L'extraction, qui occupe 3 400 ouvriers, a crû dans la proportion suivante :

| | 1886 | 1887 | 1888 | 1889 | 1890 |
|---|---|---|---|---|---|
| Tonnes de minerai. . | 10 397 | 47 210 | 94 125 | 157 184 | environ 200 000 |

Ces minerais tiennent, en moyenne, 16 p. 100 de plomb et 1 274 grammes d'argent à la tonne de minerai.

Jusqu'en 1890, cette mine a donné des bénéfices énormes et l'on a vu les actions centupler de valeur. Mais, par une tentative, au moins originale, d'organisation sociale, les propriétaires passèrent, à ce moment, avec leurs ouvriers, un contrat, où ils leur abandonnaient le soin de régler eux-mêmes les conditions du travail dans les mines. Le gaspillage inouï et les pertes croissantes, qui sont résultées de cette expérience de « mine aux mineurs », ont amené, en juillet 1892, un retour au système habi-

[1] *Génie Civil*, du 7 févr. 1891. Description par M. Pelatan.

tuel : d'où une grève, ayant suspendu la production pendant près de six mois[1].

Les gisements sont situés dans un pays très aride, relié aujourd'hui, par un chemin de fer, avec les deux ports d'Adélaïde et de Port Pirie. La plus grande difficulté que l'on y rencontre est le prix du combustible ; le coke provenant de Newcastle (grand port charbonnier près de Sydney) revient, en effet, à 137 francs.

Au point de vue géologique, on a affaire à des terrains primitifs (gneiss et micaschistes) avec intrusions fréquentes de diorites, granulites, porphyres et autres roches feldspathiques. Ces terrains sont recoupés par un grand filon métallifère, subdivisé en deux ou trois branches près de la surface et dirigé, à peu de chose près, comme la formation encaissante, c'est-à-dire du N.-E. au S.-O., avec pendage vers le N.-O.

Les affleurements, visibles sur plus de 3 000 mètres, sont formés d'un chapeau de fer noirci, d'aspect scoriacé, qui s'élève, par endroits, à plus de 15 mètres au-dessus du sol. Plus bas, on trouve du quartz et de l'oxyde de fer avec un peu de barytine et des minerais oxydés : carbonate et sulfate de plomb ; carbonates, oxydes et sulfure noir de cuivre ; chlorure, chlorobromure et iodure d'argent. Enfin, en profondeur, apparaissent les minerais sulfurés du plomb, du cuivre et de l'argent, en même temps que la blende et la pyrite de fer.

Les traits caractéristiques de ce remplissage complexe sont, d'après M. Pelatan :

D'abord, son allure en grandes masses lenticulaires comparables aux bonanzas du Comstosk ;

Ensuite et par-dessus tout, un très remarquable minerai d'argent, à gangue de kaolin grenatifère, qui se trouve en poches plus ou moins considérables aux points où le filon a rencontré des dykes feldspathiques et les a métamorphisés[2].

Ces poches, véritables amas, où le chlorure, le chlorobromure et l'iodure d'argent imprègnent des feldspaths kaolinisés et parsemés de petits grenats, fournissent des minerais de teneurs élevées.

[1] Voir *Débats*, 13 oct. 1892; *Temps*, 4 nov. 1892.

[2] Rappelons, à Pontgibaud, p. 507, l'enrichissement qu'on a cru constater à la rencontre des roches feldspathiques.

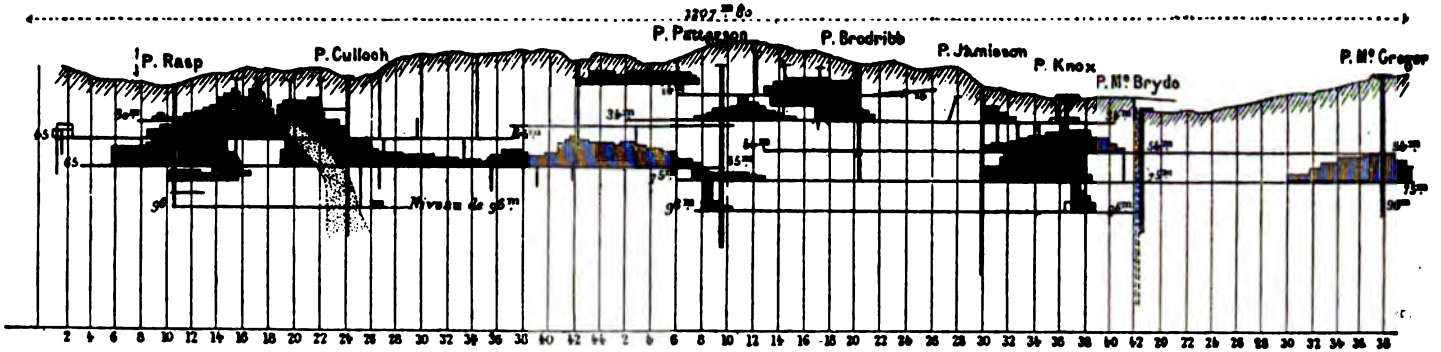



Fig. 374. — Coupe longitudinale des travaux de la mine de Broken Hill projetés sur le plan du filon. (D'après M. Pelatan.)

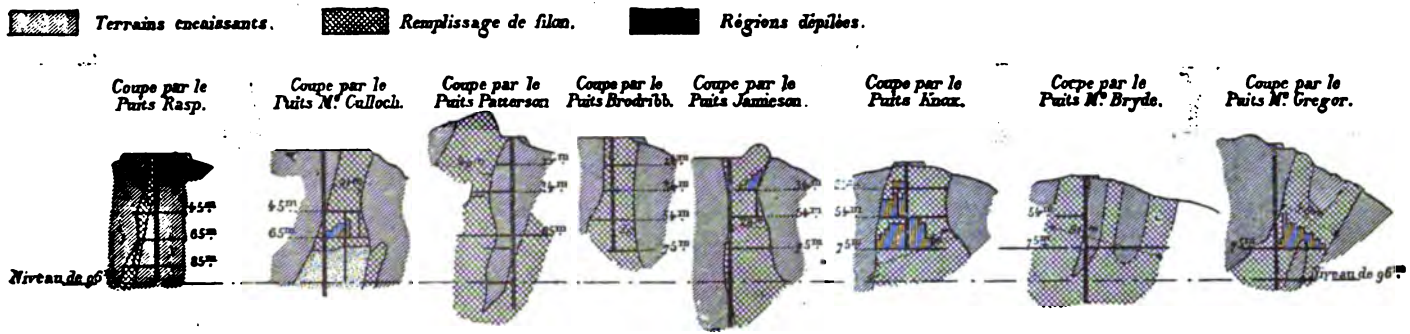



Fig. 375. — Coupes transversales du filon argentifère de Broken Hill (Australie). (D'après M. Pelatan.)

Elles ont fait, jusqu'ici, la fortune de la mine, mais il est naturel de prévoir qu'elles disparaîtront en profondeur avec les autres produits d'altération secondaire.

La puissance du filon de Broken Hill, dans les régions minéralisées, dépasse parfois 30 mètres. Elle est, en moyenne, pour les parties exploitées jusqu'à ce jour, jusqu'à une profondeur de 100 mètres, de 18 mètres environ.

On distingue, parmi les minerais extraits :

Les minerais de plomb carbonaté à gangue ferro-siliceuse (silicious iron and lead ore) ;

Les minerais ferrosiliceux argentifères (silicious iron ore) ;

Les minerais galéneux (sulphide ore) ;

Les minerais de plomb carbonaté quartzeux (silicious lead ore) ;

Les minerais d'argent chloruré et bromochloruré à gangue de kaolin plus ou moins argentifère (kaolin ore et garnet ore).

Le prix de revient du minerai extrait était, en 1890, de 22 fr. 10 par tonne ; le prix de revient de la fusion d'une tonne de 42 francs.

En Australie, on peut également citer, d'après d'Achiardi, dans la Nouvelle-Galles méridionale, les gisements argentifères de *Bathurst*, *Copper Hill*, *Pell Wood* et autres, où le minerai est une galène associée à de l'argyrose ; et celui de *Boorook* (district de Tenterfield), découvert vers 1878.

Les filons de Boorook sont nombreux ; le plus grand, qui a de $0^{m},6$ à $1^{m},8$ de puissance, porte le nom de *Golden age ;* ils confirment encore la loi de la succession des sulfures aux chlorures en profondeur. La teneur du minerai varie de 31 grammes à 16 kilogrammes à la tonne. Les chlorures se prolongent jusqu'à 21 mètres de la surface. La production de la mine de *Boorook*, en 1879, a été de $790^{kg},4$ de métal, provenant du seul filon *Golden age reef.*

La production en argent de la Nouvelle-Galles du Sud a été, avant la découverte de Broken Hill :

| 1875 | 1876 | 1877 | 1878 | 1779 | 1880 |
|---|---|---|---|---|---|
| $1\,634^{kg},4$ | $2\,141^{kg},5$ | $976^{kg},8$ | $1\,883^{kg},5$ | $2\,586^{kg},4$ | $2\,843^{kg},1$ |

Dans la colonie de Victoria, on obtient l'argent comme produit secondaire de minerais d'or ; la production y a été de 738 kilogrammes d'argent en 1879.

*Bibliographie.*

1875. The Min. of N. S. Wales. (*Trans. Soc. N. S. Wales*, 164.)
1878. Mining Journal. (London, 28 déc. 1878.)
1880. Rep. of the dep. of mines N. S. Wales for 1879. Sydney.
1880. HARRIE WOOD. — An. Rep. of the dep. mines N. S. Wales.
1881. H. WOOD. — Mines a. Miner N. S. Wales. (*Min. Journ.*, 1009.)
1883. D'ACHIARDI. — *I metalli*, I, 201.
*1891. PELATAN. — Sur Broken Hill. (*Génie civil*, 7 févr. 1891.)

# 3° GALÈNES, BLENDES ET PYRITES ARGENTIFÈRES

**Galènes argentifères.** — La galène est très fréquemment argentifère et constitue, ainsi que les produits de son altération (cérusite, etc.), une source importante d'argent; mais tous les gisements de cette nature, lorsque les minéraux d'argent proprement dits n'arrivaient pas à y former un véritable minerai, ont été décrits par nous au chapitre du *Plomb :* nous n'aurons donc qu'à les rappeler ici sommairement.

La proportion d'argent que peut contenir la galène est très variable, non seulement d'une mine à l'autre, mais dans un même filon, en profondeur et en direction; elle atteint très rarement 1 p. 100 et, plus généralement, oscille autour de 1 p. 1000 (1 kilogramme à la tonne). On ne sait pas au juste à quel état le métal précieux se trouve dans le minerai. L. Phypson[1], étudiant au microscope une galène de la *Phenix silver lead mine*, en Cornwall, a constaté, il est vrai, la présence de filaments d'argent métallique formant un réseau dans des fissures; mais ce pouvait être un produit secondaire. Les changements dans la richesse en argent n'obéissent, d'ailleurs, à aucune loi; on a souvent cru observer que les galènes à grain fin étaient plus riches que les galènes à grandes facettes; le fait n'a rien de général; on constate même l'inverse dans quelques gisements, comme ceux du Sarrabus (Sardaigne). Nous donnerons, plus loin, quelques chiffres de teneur

[1] C. R., 23 févr. 1874.

qui fixeront les idées. Lorsque la galène a subi une altération qui l'a transformée en carbonate, une partie de l'argent s'est toujours trouvée dissoute et le minerai restant est appauvri. Nous avons déjà eu l'occasion d'étudier ce phénomène[1].

Les gisements de galène argentifère sont aujourd'hui la grande source d'argent en Europe ; pendant longtemps, on a même pu opposer ce type européen de gîtes d'argent aux gîtes américains à sulfures et sulfoantimoniures d'argent (Mexique, Chili, Pérou, Comstock, etc.); mais, depuis dix ans, l'argent des Etats-Unis provient également surtout de gîtes de plomb et, le jour où l'on mettra en valeur les innombrables filons de galène argentifère, jusqu'ici dédaignés, dans l'Amérique du Sud, en même temps que les filons d'argent proprement dits s'épuiseront, cette démarcation apparente disparaîtra de plus en plus.

Parmi les gîtes de plomb argentifère, nous rappellerons les principaux de ceux que nous avons décrits précédemment, en indiquant la quantité d'argent que renferment les minerais correspondants, teneur qui est tantôt évaluée en grammes par tonne de minerai, tantôt (pour tenir compte des pertes au traitement et avoir un résultat vraiment pratique), en grammes par 100 kilogrammes de plomb d'œuvre.

En France, à *Pontpéan*, la teneur en argent par tonne de minerai a été : en 1874 de 1 kilogramme, en 1876 de 973 grammes, en 1878 de 822, en 1880 de 1 kilogramme, en 1885 de 903 grammes, en 1887 de 843, en même temps que la teneur en plomb passait de 63 p. 100 en 1874 à 52 en 1887. L'épaisseur réduite a oscillé entre 5 et 6 centimètres.

A *Pontgibaud*, jusqu'à 200 mètres de profondeur, on a eu deux colonnes riches à $1^{kg},500$ d'argent par tonne de minerai ; après quoi, le filon s'est appauvri. Dans un des filons, on avait, aux affleurements, 600 grammes d'argent aux 100 kilogrammes de plomb d'œuvre et, à 240 mètres de profondeur, 150 grammes seulement.

En *Espagne*, à *Linarès*, la teneur en argent varie de 150 à 200 grammes à la tonne de minerai préparé tenant 78 p. 100 de

[1] Page 487.

plomb, pour le groupe de Linarès proprement dit; de 350 à 450, pour le groupe de la Caroline; la production de minerai oscille, depuis dix ans, autour de 110 000 tonnes.

A l'*Horcajo*, la teneur en argent était, en 1875, de 525 grammes aux 100 kilogrammes de plomb. A la *Romana*, on a trouvé jusqu'à 800 grammes d'argent aux 100 kilogrammes. A *Mazarron*, près Carthagène, la teneur moyenne était, en 1876, de 115 grammes aux 100 kilogrammes de plomb.

En *Italie*, à *Bottino*, la galène, très riche en argent, tenait de 320 à 560 grammes d'argent à la tonne de minerai.

En *Sardaigne*, à *Montevecchio*, la teneur a été, en 1889, de 750 grammes d'argent à la tonne de minerai.

En *Suède*, à *Sala*, le plomb tient près de 700 grammes aux 100 kilogrammes.

En *Allemagne*, nous avons les champs de filon de Saxe (Freiberg, etc.) et du Harz; en *Autriche*, ceux de Bohême (Przibram, Mies). *Freiberg*, en 1878, a donné 36 708 kilogrammes d'argent; en 1891, 34 499 kilogrammes. Nous avons vu qu'il s'y rencontrait, outre les galènes argentifères, des minerais d'argent proprement dits. A Przibram, on arrive à 700 grammes aux 100 kilogrammes de plomb.

En *Sibérie*, les mines de *Nertschinsk* et de *Kolivan* fournissent, en moyenne, 13 000 kilogrammes d'argent.

Aux *Etats-Unis*, nous avons étudié les filons de galène de *Bingham* (Utah) qui contenaient, par endroits, jusqu'à 70 p. 100 de plomb et 1 220 grammes d'argent à la tonne, et dont le chapeau oxydé, chargé d'hématite, renfermait jusqu'à 4 p. 100 d'argent (40 kilogrammes à la tonne) et 0,03 d'or, soit 770 francs de métaux précieux à la tonne.

Nous avons décrit également les gîtes, si importants, de carbonates de plomb argentifères de *Leadville* (Colorado) et *Eureka* (Nevada). A Leadville, la teneur en argent est assez forte pour rendre exploitable un minerai à 6 p. 100 de plomb. Elle varie, suivant les régions, de 500 grammes à $1^{kg},960$ par tonne de minerai à 20 p. 100 de plomb. A Eureka, la teneur moyenne a été, en 1883, de 856 grammes d'argent et $49^{gr},44$ d'or à la tonne de minerai fondu.

**Blendes argentifères.** — La blende contient souvent une certaine proportion d'argent : proportion, il est vrai, toujours assez faible, mais qui n'en suffit pas moins pour que les gîtes de blende et surtout ceux qui la contiennent associée avec des sulfures complexes, puissent être, au même titre que ceux de galène, une source d'argent.

**Pyrites argentifères.** — La pyrite de cuivre est parfois plus riche; c'est ainsi que les gîtes de cuivre du Mansfeld[1] ne seraient pas exploitables sans leur teneur en argent. Ces gîtes, formés de schistes à 3 p. 100 de cuivre, produisent, par an, 16 000 tonnes de cuivre et 66 000 kilogrammes d'argent.

## 4° CUIVRES GRIS ARGENTIFÈRES

Les cuivres gris sont presque toujours argentifères et arrivent parfois à tenir une proportion très considérable d'argent : 30 p. 100 dans la tétraédrite antimonieuse d'Habacht à Freiberg; 8,9 p. 100 à Clausthal (Harz); 1,58 p. 100 à Andreasberg, etc.; aussi sont-ils très recherchés. Il semble, en général, que la présence du mercure et de l'arsenic soit défavorable à la richesse en argent[2]. Lorsque nous avons étudié les cuivres gris au chapitre du *Cuivre*[3], nous avons fait remarquer le caractère, généralement assez superficiel, de ce minerai. Nous décrirons ici quelques mines importantes du Chili, de la Bolivie et du Pérou. Celles du même genre, qui existent au Mexique, ont été mentionnées avec les autres gîtes argentifères de ce pays[4].

[1] Voir page 329.

[2] Voir, dans d'Achiardi (I, 152), un tableau des teneurs en argent de diverses tétraédrites.

[3] Page 304.

[4] Page 828, etc.

# GISEMENTS D'ARGENT DU CHILI[1]

## (CHAÑARCILLO, CARACOLES)

Les gisements d'argent du Chili sont, par quelques-uns de leurs caractères, très différents de ceux que nous avons étudiés jusqu'ici, à l'exception de ceux de Hongrie auxquels ils ressemblent fort. Toutefois nous y retrouvons l'argent avec une gangue de calcite et une association de minerais de nickel et de cobalt comme dans le premier groupe de filons d'argent étudié. En outre, les zones calcaires traversées par le filon ont eu (peut-être seulement par leur attaquabilité aux acides), une influence enrichissante.

Rappelons que le Chili se divise géographiquement en trois étroites zones Nord-Sud, correspondant, à la fois, à des formations géologiques de nature différente et, jusqu'à un certain point, à des gisements métallifères distincts[2].

Le long de la côte[3], s'étend, dans la partie centrale du pays, la Cordillère de la Côte, principalement constituée par des gneiss, schistes métamorphiques, granites et syénites. Au Nord, cette Cordillère se réduit à des tronçons isolés au milieu de terrains tertiaires et l'on y trouve des nappes de porphyre intercalées dans des terrains calcaires jurassiques ou crétacés. C'est dans cette Cordillère de la Côte, et, notamment, sur son versant Ouest, que l'on trouve les principaux gisements de cuivre, à l'état de pyrite de cuivre, parfois assez riche en or pour que ce métal y soit recherché spécialement; les minerais y sont toujours dépourvus d'arsenic et d'antimoine. Le versant oriental, au contraire, et les terrains calcaires qui, dans le Nord, s'étendent de là jusqu'aux Andes sont riches en minerais d'argent (Chañarcillo, Tres Puntas, Caracoles et Guantajaya.

Puis vient, entre la Cordillère de la Côte et la Cordillère des Andes, une longue vallée qui, au Nord, forme le désert d'Atacama

[1] Coll. *Ecole des Mines*, 2004.

[2] Voir p. 253.

[3] Voir la carte de l'Amérique du Sud, figure 376, page 843, et Reclus, t. XVIII, page 809, carte des Mines du Chili. (Cf. même ouvrage, p. 778 et 779.)

avec les dépôts de nitrates[1], de borax, etc., et, au Sud, la partie fertile et habitée du pays.

Enfin, la Cordillère des Andes, dont les sommets atteignent 6 800 mètres, comprend, outre les roches anciennes, des roches éruptives modernes et des terrains stratifiés portés à de très grandes hauteurs. Les Andes, encore peu explorées, renferment de nombreux dépôts métallifères complexes, en particulier des galènes argentifères et des cuivres gris, qui n'ont donné lieu, jusqu'ici, qu'à des exploitations restreintes.

Nous avons décrit, au chapitre du *Cuivre*[2], les gisements de la première zone ; nous nous bornerons ici aux gisements argentifères de la seconde zone, que l'on peut, à leur tour, diviser en deux groupes : le premier suivant la côte à 40 ou 50 kilomètres de distance, sur 400 kilomètres de long et séparé des gisements de cuivre par des porphyres ; le second, plus oriental.

Tous ces gisements présentent, comme caractère presque général, d'être encaissés dans des calcaires, à tel point que la présence seule de ce terrain calcaire motive souvent des recherches. En outre, ils ont, le plus souvent, une gangue de calcite (rarement de barytine). Nous retrouvons donc là la relation entre la calcite et l'argent, déjà signalée maintes fois à Kongsberg, au Sarrabus, à Guadalcanal, etc. En outre, ils paraissent en relation avec des diabases et mélaphyres pyroxéniques, dont les dykes exercent sur eux une action enrichissante dans le sens vertical. Leur âge, bien déterminé par les calcaires qu'ils traversent, est certainement post-jurassique.

En ce qui concerne la fracture, on peut remarquer souvent un éparpillement en veines et un élargissement dans la partie supérieure : par suite, un rétrécissement en profondeur qui, concourant avec une diminution dans la teneur en argent dont nous parlerons bientôt, rend la plupart de ces filons inexploitables à partir d'une certaine distance de la surface.

En ce qui concerne le remplissage, il y a lieu de distinguer le groupe Ouest où la proportion des chlorures (minerais très riches)

[1] Voir t. I, p. 419. — Cf. Reclus. *Géographie*, t. XVIII, p. 772 (cartes de détail).
[2] Page 253.

st plus forte, et le groupe Est, où l'on trouve, de préférence, du

Fig. 376. — Carte de l'Amérique du Sud au $\frac{1}{60.000.000}$.

sulfure d'argent, de la galène, des sulfoarséniures de fer, nickel et cobalt.

De toutes façons, l'influence enrichissante de certaines couches traversées, dites *mantos*, est ici plus nette que partout ailleurs.

Suivant une verticale, le remplissage varie, d'une façon constante, en tout point comparable à ce que nous avons rencontré au Mexique :

1° Aux affleurements, dominent, d'abord, les chlorures et bromures d'argent, avec de l'argent natif et quelques restes des minerais sulfurés ou arséniés d'argent dont l'altération a produit ces chlorures. Ces minerais sont mélangés avec une argile ferrugineuse et, parfois, avec de la malachite. Leur ensemble constitue ce que l'on appelle les métaux chauds (*metales calidos*), à cause de la facilité avec laquelle ils s'unissent au mercure.

Les chlorures, qui sont les minerais les plus productifs du Chili, se présentent habituellement sous forme de terres grises et ocreuses qui n'ont pas l'aspect métallique et qu'on nomme *pacos*, ou quelquefois *colorados*, quand la malachite, l'azurite, etc., leur prêtent leurs couleurs bariolées.

Ces *pacos* sont parfois constitués par du *metal cimiento*, dont voici l'analyse :

| | |
|---|---|
| AgCl | 6,2 |
| Ag | 0,7 |
| $CaOCO^2$ | 57,2 |
| $MgOCO^2$ | 20,9 |
| $ZnOCO^2$ | 3,6 |
| $Fe^2O^3$ | 0,8 |
| $SiO^2$ | 0,5 |
| Argile | 9,2 |
| | 99,1 |

Au chlorure s'unit le bromure et, dans ce cas, on a la *plata verde*, minerai commun au Chili.

Puis viennent, toujours dans ces parties hautes, une série de raretés minéralogiques, telles que la cérargyrite ou argent corné (AgCl), l'embolite (mélange variable de chlorure et de bromure), la bromite (AgBr); l'arquérite (amalgame d'argent) rencontrée à Arqueros dans la province de Coquimbo et à Rosillos, près de Copiapo, etc...

L'argent natif est, soit en parcelles très fines, soit en masses, appelées *reventones*, qui peuvent peser plusieurs kilogrammes. Il imprègne souvent les épontes.

2° Au-dessous des *metales calidos*, c'est-à-dire en général vers 80 à 150 mètres, commencent les métaux froids (*metales frios*) : d'abord les *mulatos*, où les sulfures dominent ; puis les *negrillos* qui sont des sulfoarséniures et sulfoantimoniures complexes.

On trouve là la proustite, l'argyrose et les antimoniures tels que la polybasite (argent noir) et l'argyrythrose (argent rouge), avec la blende, la galène, etc., et des sulfoarséniures ou sulfoantimoniures de fer, nickel, cobalt, cuivre, plomb, bismuth, mercure.

La proustite ($Ag^3$ As $S^3$), que les mineurs appellent *Rociclair* (ou argent rouge clair), existe en superbes échantillons scalénoédriques atteignant 7 centimètres de longueur, avec de la calcite, à Manto d'Ossa, Carmen, Dolores, Delirio, près de Chañarcillo. Elle est associée avec de l'argyrose ou argent sulfuré ($Ag^2$ S), appelée *plomo-ronco*, dont les cristaux, situés au-dessus de ceux de l'argent rouge, en montrent la dérivation.

En même temps, l'on a divers sulfures ou sulfosels plus ou moins riches : ainsi, à Castemo, à Buena Esperanza, à Algadones, près de Coquimbo, la jalpaite (mélange de $Ag^2$ S et $Cu^4$ S), la stroméjérite (Ag $Cu^2$ S), l'algadonite, etc.; à Aguas Blancas, l'encairite (Ag $Cu^2$ Se), etc.

Les deux mines, historiquement les plus importantes, au Chili sont celles de Chañarcillo, à 80 kilomètres, au Sud de Copiapo et de Caracoles, près d'Antofagasta, dans le désert d'Atacama (groupe de l'Ouest), qui ont produit le plus d'argent au Chili et que nous décrirons bientôt.

On peut citer, en outre :

1° A l'Ouest, et du Sud au Nord, Aculeo près Naltagua, Palpaico, la Calera, le Melon, San Felipe (à l'extrémité d'un grand massif trachytique), Rodeito, Arqueros, Pampa Larga, Cerro de la Plata, Le Checo, Bandurrias, Agarrobito, Ladrillos, Tres Puntas, La Florida, Esmeralda, Griton, etc.

2° A l'Est, Algodones de Ovalle, Agua Amarga, Tunas, la Jarilla, Rosilla, Algarrobito, Altar, Cachiyuyo de Plata, Sacramento, Bordas, San Antonio, etc.

En général, par suite des conditions locales, on n'ouvre pas, au Chili, de mines dont le minerai rende moins de 0,001 d'argent et on ne répute vraiment riches que celles où la teneur dépasse

0,005. Autrefois, on s'arrêtait même à une teneur inférieure, en sorte que les haldes ou *desmontes* contiennent souvent une proportion encore appréciable d'argent, proportion qui dépasse souvent 1 800 grammes. Quand l'attention a été attirée sur les gisements d'argent du Chili vers 1873, ces desmontes ont donné lieu à de vastes spéculations.

Nous allons préciser ces divers points par la description des deux gîtes les plus connus, celui de Chañarcillo et celui de Caracoles.

**Chañarcillo.** — Le gisement argentifère de *Chañarcillo*[1] est situé à 80 kilomètres au Sud de Copiapo, la ville la plus importante du Nord du Chili, à laquelle il est relié par un chemin de fer.

Il est encaissé dans des calcaires, en général compacts, noirs ou grisâtres, souvent siliceux, que l'on rapporte à la formation jurassique supérieure, épaisse là de 1 200 mètres. Au milieu de ces calcaires sont intercalées, à divers niveaux, des nappes de mélaphyre pyroxénique et de diabase, que l'on considère comme contemporaines de la sédimentation et dont le contact avec les calcaires est marqué par le développement de masses de grenat[2].

Ces nappes de mélaphyre et de diabase sont connues du mineur chilien sous le nom de *panisso verde* ou couches vertes; elles se relient à des dykes recoupant les strates, que les mineurs confondent avec toutes les failles stériles sous le nom de *chorros*. Au milieu de ces terrains, il existe trois filons d'inégale importance avec des veinules latérales ou *guias*, qui ne sont métallifères qu'au voisinage des grands filons.

Ce sont : 1° le filon Descubridora, dirigé NS et connu sur 1 600 mètres de longueur; 2° le filon Colorada, N 22° E, connu sur 1 800 mètres et coupé par une grande faille au Nord, filon qui a 10 mètres de large dans sa partie haute et, en profondeur, rarement moins d'un mètre; 3° le filon Candelaria, N. 46 E, connu sur 700 mètres de longueur.

Au voisinage de ces filons, certaines couches de calcaires sont imprégnées de minerais d'argent jusqu'à une distance qui peut aller

[1] Ce gîte a été visité, en 1875, en même temps que celui d'Agua Amarga (Vallenar), par MM. Fuchs et Mallard, au rapport desquels nous empruntons, en partie, sa description.

[2] Cf. Banat (t. I, p. 660; t. II, p. 258).

à 10 mètres de part et d'autre. Ces couches sont appelées *mantos pintadores* (couches enrichissantes); elles jouissent, en général, de la même propriété sur toute la longueur du filon. Au contraire, d'autres couches sont rebelles à l'imprégnation ; ce sont les *mantos broceadores;* les mélaphyres et diabases sont, par eux-mêmes, peu imprégnés; mais il existe, parfois, entre eux et le filon, des

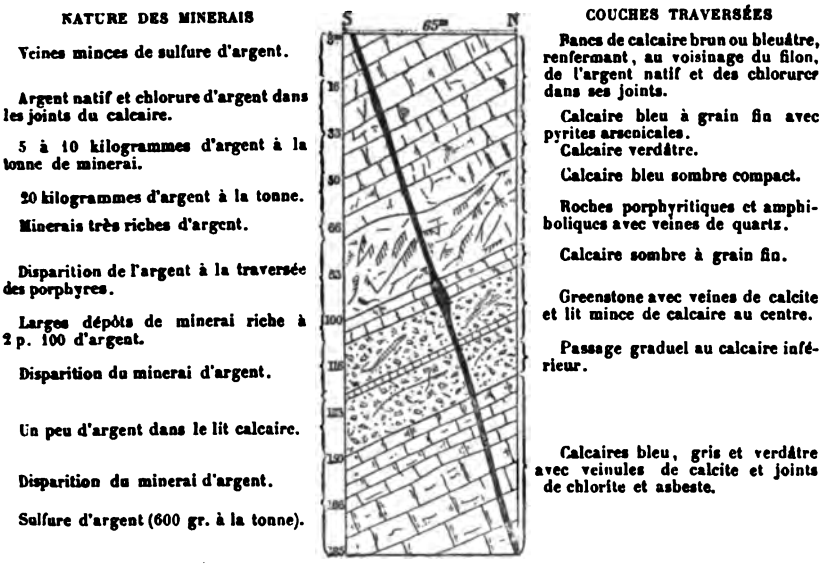



Fig. 377. — Coupe du principal filon de Chañarcillo, près Copiapo (Chili). (D'après Davies.)

sortes de bourses, qui ont donné depuis 18 jusqu'à 360 kilogrammes d'argent par tonne. Les zones les plus riches sont à la rencontre des mantos pintadores avec les filons de diabase ou chorros.

Une particularité de Chañarcillo, qu'il y aurait peut-être lieu de rapprocher des bifurcations présentées par le filon du Comstock dans sa partie haute [1], c'est que, dans les couches supérieures, sur 30 à 40 mètres d'épaisseur, les filons sont très ramifiés dans le calcaire. Au-dessous, commence brusquement un calcaire stérile, séparé du précédent par une face lisse et polie que les mineurs ont appelée *mesa di piedra* (table de pierre).

Nous n'avons pas besoin de revenir sur la nature des minerais

[1] Voir page 802.

décrits plus haut : metales calidos en haut, metales frios au-dessous de 120 mètres.

Cette mine de Chañarcillo a produit, depuis sa découverte en 1832 jusqu'en 1879, plus d'un milliard d'argent. L'extraction annuelle du district de Copiapo est encore d'environ 30 millions.

**Mines de Caracolès.** — La mine de *Caracolès* a été, un moment, très fameuse vers 1873; elle est située dans la partie Nord du Chili, qui fit autrefois partie de la Bolivie, au Nord-Est du port d'Antofagasta, et non loin de la voie ferrée qui rattache ce port à Huanchaca de Potosi[1].

C'est à 30 lieues de la mer, à une altitude de 2 760 mètres, dans le désert d'Atacama, que courent, du N. O. au S. E., les filons argentifères, presque verticaux, larges de $0^m,50$ à 4 mètres et encaissés dans des terrains jurassiques riches en gastropodes fossiles (d'où le nom de Caracolès, coquilles). La gangue de ces filons est constituée de barytine et calcite, accompagnées, dans les parties hautes, d'oxydes de fer, provenant de l'altération des pyrites.

Les minerais sont ceux que nous avons déjà indiqués; ils sont souvent en revêtements réguliers sur les parois des fissures. Leur rendement n'est pas extraordinaire, mais le nombre et la puissance des filons compense cette pauvreté relative.

Découvertes en 1870, les mines de *Caracolès* sont devenues rapidement un point central de travaux, malgré le manque d'eau potable et l'éloignement des choses nécessaires à la vie. Quelques-unes de ces mines sont célèbres ; comme celles de *Descada,* de *Diaz* et de *Rivière* qui, en janvier 1873 seulement, ont produit 18 886 kilogrammes d'argent fin. Sœtbeer dit que la production de 16 de ces mines, les *Descubridoras minas*, de novembre 1871 à fin octobre 1876, a été de 121 456 tonnes de minerai argentifère valant 1 milliard. Domeyko estimait à 120 000 kilogrammes d'argent la production annuelle des mines de Caracolès.

Ces mines ont eu, il y a quinze ans, la renommée et la richesse qu'avaient précédemment celles du Cerro de Potosi en Bolivie et

[1] Voir d'Achiardi, I, 185.

qu'ont retrouvée celles d'Huanchaca; mais leur production a rapidement diminué.

Aujourd'hui, le Chili ne produit plus que 72 000 kilogrammes d'argent par an (1891).

*Bibliographie.*

1841. Domeyko. — Sur les mines d'Amalgame d'argent d'Arqueros au Chili. (*Ann. d. M.*, 4e, t. X.)
1853. Cazotte. — Mines d'argent et de cuivre du Chili. (*Ann. d. M.*, 5e, t. IV, p. 518.)
Domeyko. — Constitution géologique du Chili. (*Ann. d. M.*, 4e, t. IX.)
1855. Pissis.— Sur les Andes. (C. R., p. 764.)
1860. Dorsey. — (*B. u. H. Z.*, p. 107 et 197.)
1870 Mœsta. — Uber das Vorkommen der Chlor. Brom und Iod Verbindungen in der Natur (Marburg.)
1871. Eich. — Sur Caracolès. (*B. u. H. Z.*, p. 133.)
1873. Perse. — Rapport consulaire du 15 mars 1873.
* 1875. Fuchs et Mallard. — Rapport inédit sur les mines d'Agua Amarga (Vallenar).
1876. Domeyko. — (C. R., 83, 445; *Ann. d. M.*, p. 14.)
1876. Richter und Hübner. — (*Zeit. f. d. B. H. u. S. im preuss. St.*, t. XXIV, p. 230.)
1878. A. Streng. — Ueber Silberkies von Andreasberg; Mineralien von *Chanarcillo*. (*N. J. Min.*, 1878, p. 636. Stuttgart, 1878.)
* 1879. Von Groddeck, p. 301.
1880. Mining journal, 1123.
1883. d'Achiardi. — I metalli, etc., I, 182.
1890. Washington Lastarria. — Industrie minière au Chili.

## GÎTES D'ARGENT DE BOLIVIE
### (POTOSI, ORURO, HUANCHACA)

Les gîtes d'argent de Bolivie se rapprochent naturellement de ceux du Chili par leur position géographique; mais ils en diffèrent par la prédominance plus marquée, dans le remplissage, du cuivre gris argentifère. Nous décrirons ceux de Potosi, d'Oruro et d'Huanchaca, dans un même district, relié à Antofagasta par un chemin de fer. On extrait, en outre, de l'argent des mines de cuivre de Corocoro[1]; et celle du Cerro de Chorolque fournit des minerais imprégnés de chlorure d'argent.

La mine d'argent du *Potosi*, à 4 000 mètres d'altitude, est une

[1] Voir page 328.

des plus anciennement connues et des plus célèbres du monde.

On raconte qu'elle fut découverte[1] deux ans avant l'invasion de Pizzarro et Almagro au Pérou, par un Indien, nommé Gualpa; ouverte en 1545, elle fut exploitée activement depuis 1571. On en a des descriptions enthousiastes écrites par des voyageurs au XVI^e^ siècle et, pendant longtemps, sa production a été considérable; mais la longue durée des travaux a permis, mieux que dans toute autre mine, de vérifier la loi générale, d'après laquelle, riches d'abord aux affleurements, les gîtes d'argent vont, le plus souvent, s'appauvrissant en profondeur. D'après les anciens auteurs, le filon se composait de quatre veines, larges tantôt de $0^m,30$ et tantôt de plus de 2 mètres, dont la seconde, suivant Francesco Lopez de Gomara, aurait contenu un minerai rendant 50 p. 100 d'argent; cet auteur raconte qu'en ce temps (1583) cinq années de redevance au roi d'Espagne s'élevèrent à 550 millions de francs. Sans mettre en doute ce chiffre de 50 p. 100, qui était probablement causé par une accumulation exceptionnelle d'argent natif et de chlorure, il est certain que le rendement moyen était inférieur, même dans les premières années, à 3 p. 100, qu'il est tombé ensuite à 0,1-0,2 p. 100 et qu'il n'est plus aujourd'hui que de 0,0004.

Jusqu'en 1810, ces mines ont été exploitées avec des vicissitudes diverses : abandon partiel en 1623, à la suite d'une guerre civile; reprise en 1633; arrêt dans le travail en 1712, après des épidémies; etc... Après un abandon prolongé, elles ont été rouvertes en 1854. On estime qu'elles auraient produit, depuis l'origine, près de six milliards d'argent (37 millions par an de 1585 à 1606).

La montagne de Potosi forme un dôme, qui s'élève, de 1 000 mètres environ, au-dessus du haut plateau de la Cordillère. La roche, depuis le sommet jusqu'à 400 mètres plus bas, est un porphyre quartzifère, formant un dyke au milieu de phyllades siluriens que les filons ont recoupé au-dessous. Ce porphyre est traversé par une soixantaine de filons à 15°, plongeant de 65 à 90° vers l'Est, et, en outre, par un grand nombre d'autres petites veines, en partie exploitables. Les principaux sont Veta Mendieta, Veta Rica, Veta Estana. En entrant dans le phyllade sous

[1] D'Achiardi, I, 186.

le porphyre, les filons passent pour s'appauvrir, mais surtout, semble-t-il, parce que c'est là que commence, avec l'approfondissement, la zone des *metales frios*.

Le remplissage, à gangue quartzeuse, contient, à la partie supérieure, des *pacos* (terres chlorurées). Au-dessous, viennent les *mulatos* et les *negrillos*.

La particularité de ces filons et de ceux d'Oruro, dont nous parlerons plus loin, est de renfermer, avec les sulfures et antimoniures complexes d'argent et de cuivre, de la cassitérite en proportions appréciables.

A *Oruro*[1], entre la Paz et Potosi, on a, de même, au milieu des phyllades blanc grisâtres, un dyke de porphyre traversé par une infinité de filons, ayant de $0^m,10$ jusqu'à plusieurs mètres d'épaisseur. La direction générale est à 60°, le plongement de 43 à 85° vers le Nord ; les salbandes sont rarement nettes. Le remplissage comprend une brèche de fragments porphyriques imprégnés de pyrite et des débris anguleux d'un phyllade gris noir. Les minerais, disposés en veine au milieu de cette brèche, sont de l'argent rouge, de la psaturose, du cuivre gris argentifère, de la stibine et de la cassitérite. Les exploitations portent aujourd'hui surtout sur des gîtes d'étain qui fournissent 1 000 à 1 500 tonnes de ce métal par an.

Enfin, les environs d'*Huanchaca*, dans le département de Potosi, comprennent un certain nombre de gîtes très importants, situés à Pulacayo, Ubina et l'Asiento, à 640 kilomètres du port d'Antofagasta sur l'Océan Pacifique et à plus de 4 000 mètres au-dessus de la mer. Ces gîtes sont d'une nature toute différente de ceux de Potosi et d'Oruro.

Les mines de Pulacayo, exploitées autrefois durant la domination espagnole, puis abandonnées à la fin du siècle dernier, ont été reprises, sans grand succès, de 1830 à 1873 ; mais, à partir de 1877, elles ont, entre les mains d'une nouvelle Société, donné un produit brut qui, d'après la Compagnie, ne serait pas moindre de 250 millions entre 1877 et 1888 et un bénéfice net, dans la même période, de 100 millions.

[1] Coll. *Ecole des Mines*, 2004. Oruro est à 3 800 mètres d'altitude. Voir, sur cette région, la *Géographie* d'Elisée Reclus, t. XVIII, p. 670, etc., avec une carte de la région de Potosi, p. 678.

Les terrains représentés dans la région comprennent une zone centrale d'andésite à mica noir et, des deux côtés, des filons métallifères situés dans le trachyte décomposé; puis, de part et d'autre, encore un tuf d'andésite et un poudingue. L'andésite recoupe, à l'Ouest et au Sud, des phyllades siluriens.

La coupe, donnée par un tunnel d'écoulement de 3 276 mètres

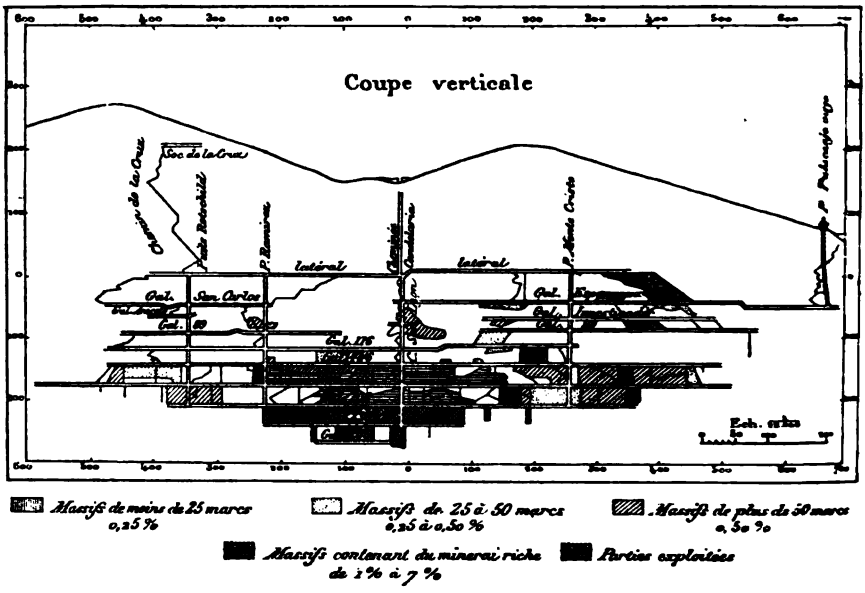



Fig. 378. — Coupe verticale de la mine d'argent de Pulacayo à Huanchaca (Bolivie) (en 1889).

de long, qui traverse la montagne de part en part, montre, du Nord au Sud, le groupe de filons nommés « Veta Pacamayo », puis la Veta Nuova et, au delà de l'andésite centrale, les filons El Tajo et Santa Rosa.

Le filon principal, dirigé Est-Ouest, a une puissance, qui varie, en général, entre 1 et 3 mètres. Son inclinaison, tournée d'abord vers le Sud sur 200 mètres de haut à partir des affleurements, se renverse en profondeur et augmente, de plus en plus, vers le Nord. Trois failles le rejetent, les deux premières de 2 mètres, la troisième de 67 mètres.

Il a été reconnu sur 1 100 mètres de long et 500 mètres de haut;

jusqu'à 116 mètres au-dessous du tunnel, il était pauvre; au delà, il s'est élargi et enrichi.

On y a constaté l'existence de trois colonnes particulièrement riches, les Clavo de Uyuni, Clavo de Delfina et Clavo de Julia, dont l'inclinaison paraît être de l'Ouest à l'Est.

Le remplissage est formé, depuis les affleurements jusqu'au niveau du tunnel, de barytine associée à des minerais oxydés ou *pacos*. Au-dessous, la barytine disparaît et la gangue devient quartzeuse.

Le minerai principal d'Huanchaca est le cuivre gris argentifère, qui se rencontre, tantôt à l'état amorphe, avec un éclat huileux d'autant plus marqué que la teneur en argent est plus élevée, tantôt cristallisé plus ou moins franchement en tétraèdres réguliers. Dans cet état, le minerai contient 10 p. 100 d'argent. D'après les exploitants, la teneur en argent augmenterait en profondeur, en même temps que la puissance du filon, qui atteint fréquemment trois mètres.

Avec ce minerai, l'on trouve de la blende (contenant parfois 1 kilogramme d'argent à la tonne) ; de la galène qui en renferme 2 kilogrammes quand elle est à grandes facettes, des pyrites de fer et de cuivre, de la chalcopyrite, un peu de stibine et, quelquefois, des traces d'argent rouge. Tous ces minerais sont légèrement aurifères.

Voici quelques analyses :

| | MINERAI riche d'exportation | MINERAI traité aux usines de Huanchaca et Asienti | MINERAI pauvre rejeté | GALÈNES | BLENDES | PYRITES cuivreuses | PYRITES de fer |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Argent. . . . | 1,620 | 0,650 | 0,340 | 0,666 | 0,212 | 0,368 | 0,090 |
| Cuivre. . . . | 5,875 | 6,800 | 3,680 | 5,280 | 9,250 | 5,100 | » |
| Plomb. . . . . | 8,730 | 12,070 | 19,200 | 45,120 | 12,370 | 2,860 | » |
| Zinc. . . . . | 16,175 | 17,540 | 12,340 | 14,750 | 33,000 | 5,950 | traces |
| Antimoine. . . . | 0,560 | 0,560 | 1,050 | 2,000 | 1,760 | 0,960 | traces |
| Arsenic . . . . | 2,880 | 3,550 | 5,250 | 1,030 | 0,970 | 2,070 | traces |
| Fer . . . . . | 14,666 | 13,150 | 9,140 | 3,050 | 5,850 | 20,230 | 48,502 |
| Soufre. . . . . | 23,270 | 21,230 | 21,200 | 17,600 | 26,200 | 26,540 | 48,923 |
| Chaux. . . . . | 0,810 | 0,770 | 0,630 | traces | 1,520 | 0,690 | » |
| Silice . . . . . | 24,741 | 23,010 | 26,410 | 5,890 | 8,300 | 31,280 | 1,600 |
| Pertes. . . . . | 0,673 | 0,670 | 0,780 | 0,554 | 0,168 | 0,142 | 0,885 |
| TOTAL. . . . | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

Les minerais sont divisés, sur place, en trois catégories principales :

1° Les minerais tenant moins de 3 kilogrammes d'argent à la tonne (0,30 p. 100), qui sont réservés pour plus tard ;

2° Le minerai d'une teneur de 6 à 8 kilogrammes, traité sur place ;

3° Les minerais d'exportation d'une teneur moyenne de 16 p. 100 vendus en Allemagne, en Angleterre et en France.

Les usines du pays ont traité, en 1887, 12 801 tonnes de minerai, qui ont donné 64 000 kilogrammes d'argent et l'on a vendu, en Europe, pendant la même année, 4 350 tonnes de minerai à 1,54 p. 100 d'argent, représentant 66 990 kilogrammes d'argent : soit, en tout, 130 000 kilogrammes valant 20 millions.

En 1890, les mines d'Huanchaca ont produit 151 000 kilogrammes d'argent valant 22 millions, avec un bénéfice net de 13 200 000 francs.

Le nombre des mineurs employés est d'environ 3 500.

*Bibliographie.*

Descriptions de Potosi par HUMBOLDT, HAENKE, D'ORBIGNY, PRESCOTT, SQUIRES, etc.
1858. RECK. — (*B. u. H. Z.*, p. 275 et 289.)
1859. LEMUHOT. — (*B. u. H. Z.*, p. 6.)
1866. RECK. — (*B. u. H. Z.*, p. 389.)
1867. Mines d'argent de Potosi. (*Cuyper*, t. XXII, p. 421.)
1868. LEMUHOT. — (*B. u. H. Z.*, p. 77.)
1881. Notice sur la Compagnie de Potosi.
1883. D'ACHIARDI. — I, 186.
1884. Notice sur la Compagnie d'Huanchaca.
1887. FRÉD. A. CANFIELD. — Ueber die Silbererze des *Cerro de Potosi*, Bolivia. (*Verhandlungen des Naturhistorichen Vereines der preussischen Lande, Westfaliens und Reg. Bezirks Osnabruck*, 5e série, 4e année. Bonn, 1887.)

## CUIVRES GRIS ARGENTIFÈRES DE RECUAY (PÉROU)[1]

Les mines de cuivre gris argentifère du *Recuay et d'Huaraz*, au Pérou, ont été l'objet d'une étude spéciale de M. Fuchs en 1873.

[1] Voir, sur les gîtes d'argent du Pérou, p. 829. On trouvera, dans la *Géographie* d'Elisée Reclus, t. XVIII, p. 615, une carte des gîtes métallifères du Pérou.

Le district des mines de Recuay (département d'Anchaes) est situé dans une des vallées hautes du Pérou, entre la Cordillère Noire et la Cordillère Blanche, à une assez grande altitude.

Le terrain semble, d'après les descriptions, être composé de strates jurassiques avec mélaphyres intercalés, que recoupent les filons métallifères.

Ces filons se divisent en deux groupes : le principal E. O.; l'autre N. S. Le remplissage comprend de la galène argentifère, plus ou moins antimoniale, des cuivres gris argentifères (Pavonados), des pyrites de fer et de cuivre, de la blende, de la bournonite et de l'argent rouge.

Les minerais de cuivre, secondaires dans les filons Est-Ouest, prédominent dans le groupe N. S., et ce sont eux qui ont, d'abord, été l'objet principal des exploitations. En effet, les cuivres gris argentifères peuvent, dans une certaine mesure, être soumis directement à l'amalgamation (seul procédé qui ait été en usage, pendant des siècles, dans les Andes), tandis que les galènes, rebelles à ce mode de traitement, ont été longtemps considérées comme sans valeur.

Les deux filons principaux du groupe Est-Ouest sont le *Collaracua* et le *Tarujos*.

Le filon de Collaracua a été exploité anciennement sur plus d'un kilomètre de long pour pavonados (cuivres gris); mais, au N. E. des premiers travaux, la galène remplace le minerai de cuivre.

Ce filon est nettement encaissé entre des salbandes faiblement argileuses, ce qui est généralement un gage de régularité. Sa puissance atteint 1 mètre.

Le filon Tarujos, plus puissant que l'autre, est beaucoup moins nettement encaissé et se diffuse fréquemment dans les roches au contact.

Les minerais contiennent jusqu'à 6 kilogrammes d'argent à la tonne et 70 p. 100 de plomb.

## *Bibliographie générale de l'argent.*

1846. D. Ramon Pellico. — Sur les gîtes argentifères de Hiendelaencia, prov. de Guadalaxara (Espagne). (*B. S. G.*, 2e, t. III, p. 648.)

1868. W. Skey. — On the amount of Silver in Gold from *Makaru* N. Z. (*Transactions and Proceedings of the Institute N. Z.*, t. I, p. 436. Wellington, 1868.)

1869. W. Skey. — On Silver ore from *Stewart's Island* N. Z. (*Transactions and proceedings of the Institute N. Z.*, t. II, p. 399. Wellington, 1869.)

1876-77. S. Herbert Cox. — Report on Argentiferous Lode at *Collingwood* (Richmond Hill Silver mine) N. Z. (*Geological Survey of N. Z. Reports of geological explorations during* 1874-76. Wellington, 1876-77.)

1877-78. S. Herbert Cox. — Report on *Richmond Hill Silver* mine N. Z. (*Geological Survey of N. Z. Reports of geological explorations during* 1874-76. Wellington, 1877-78.)

* 1879. Soetbeer. — Edel Metal. Prod. (Petermanns Mitth., 1879.)

* 1883. d'Achiardi. — I metalli, loro minerali, t. I, p. 28 et suiv.

1884. Tichborne. — On an argentiferous galenetic Blende at *Ovola*. (*The Scientific Proceedings of the royal Dublin Society*, t. IV, p. 300. Dublin, 1884.)

188 . Mallet. — On the occurrence of Silver in Volcanien ash from the Eruption of Cotopaxi of July 22nd and 23rd. (*Proceedings of the royal Society*, t. XLII, p. 1. Londres, 188 .)

188 . The great Silver mines of the West. (*Science*, n° 166, p. 333. New-York.)

Thomas. — Silver from a *Pensylvania mound*. (*Science*, t. V, p. 419. Cambridge, Mass. U. S.)

1885. Reyer. — Blei und Silber Production von Utah, und Blei Production der Vereinigten Staaten. (In-4°, 8 pages. Vienne, 1885.)

1888. Williamson. — Informe sobre las minas de plata de *Plata Vieja*. (*Revista de minas*, 1888.)

# OR[1]

Au ; Eq = 98,25. — P. at = 196,5.

## USAGES ET STATISTIQUE

**Historique et Usages.** — L'or a joué, depuis le jour très ancien où l'homme l'a rencontré pour la première fois, un rôle exceptionnel entre les métaux.

A l'époque préhistorique, il a été des premiers découvert, en raison de son abondance relative à l'état natif dans les alluvions ; on le trouve bientôt associé au cuivre et au bronze ; mais, tandis que ceux-ci, à cause de leur résistance et de leur dureté, servaient comme instruments et outils, l'or inaltérable, malléable et brillant, était réservé à la parure et à l'ornement[2], en attendant qu'il devînt l'instrument de l'échange et le symbole de la richesse.

Dans l'antiquité, ce furent surtout les Phéniciens, puis les Grecs et les Romains qui donnèrent l'essor à l'industrie des mines, et rassemblèrent un stock de métaux précieux, destiné à servir, en

[1] M. Fuchs préparait, au moment de sa mort, en collaboration avec M. Cumenge, Ingénieur en chef des mines, un ouvrage d'ensemble sur l'or, dont il s'était réservé la partie géologique. Les notes qu'il avait recueillies à ce sujet ont été remises à M. Cumenge, qui doit les utiliser prochainement dans un livre intitulé : *L'Or dans la nature*. Nous n'en avons pas eu connaissance.

[2] Dans les seules tombes préhoméri ques de Mycènes, Schliemann a recueilli, en objets d'ornement de toute sorte, plus de 130 000 francs d'or.

D'après Pline (XXXIII, 5), l'or a été longtemps très rare à Rome. D'après lui, lors de la prise de Rome par les Gaulois, on ne put ramasser dans la ville (qui comptait pourtant déjà 152 573 habitants) que 1 000 livres pesant d'or... Ailleurs, il ajoute (XXXIII, 15) : « Un de mes étonnements, c'est que le peuple romain ait toujours imposé aux nations vaincues des tributs en argent et jamais en or : témoin Carthage qui, vaincue avec Annibal, dut payer 16 000 livres pesant d'argent annuellement pendant 50 ans, mais point d'or. Ce n'était pas pourtant qu'il y eut disette d'or dans le monde. Déjà Midas et Crésus en avaient possédé des quantités immenses ; déjà Cyrus, dans la conquête de l'Asie, avait fait un butin de 34 000 livres de ce métal, sans compter les vases d'or, les ouvrages en or et, entre autres, des feuilles d'arbres, un platane, une vigne, etc... »

s'appauvrissant de plus en plus, au monde civilisé jusqu'à la découverte de l'Amérique [1].

Au XVI[e] siècle, on assiste, au Pérou, au Chili, au Mexique, à un grand développement de production, en même temps que, d'Afrique et d'Asie, arrive de la poudre d'or.

Mais il se manifeste bientôt une baisse progressive jusqu'à l'essor considérable qui a suivi, en 1848, la découverte des gisements de Californie, en 1850, celle des alluvions d'Australie et qui a atteint son maximum en 1853; après quoi, la baisse a repris de nouveau, pour s'arrêter tout récemment, en 1888, au moment de la mise en valeur des gîtes du Transvaal.

Le *prix de l'or* est actuellement, au pair de 3 437 francs le kilogramme. Un kilogramme d'or, à neuf dixièmes de fin, tel qu'il entre dans nos monnaies, vaut légalement, en France, 3 100 francs [2].

Dans les temps anciens, il est assez difficile de suivre les variations de sa valeur comme on le ferait pour un autre métal, puisque lui-même sert d'étalon. On ne peut que la comparer à celle des principaux objets de première nécessité, variable elle-même pour une foule de causes accessoires. C'est ainsi que l'on observe, par exemple, depuis vingt ans, une baisse croissante et rapide du prix des marchandises, mise en évidence dans le tableau ci-joint :

*Moyenne des prix par période de dix ans* (*Sauerbeck*)

| 1868-77 | 1869-78 | 1870-79 | 1871-80 | 1872-81 | 1873-82 | 1874-83 | 1875-84 | 1876-85 | 1877-86 | 1878-87 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 100 | 99 | 97 | 96 | 95 | 93 | 90 | 87 | 85 | 82 | 79 |

[1] On estime que le stock de métaux précieux subsistant au moyen âge, pouvait représenter environ 1 200 millions, dont 3 à 400 millions d'or, c'est-à-dire moins que la production actuelle d'une année. De l'année 1500 à 1848, on a extrait 15 à 16 milliards d'or (5 000 000 kilogrammes), dont 11 pour l'Amérique, 1,1 pour la Russie et la Sibérie, 2,5 pour l'Afrique, 0,5 pour l'Europe, etc. Depuis 1849, la production a déjà dépassé 21 milliards. En faisant la somme et tenant compte de la perte, on voit qu'il peut exister, dans le monde, environ 30 milliards d'or. — Voir Roswag (les métaux précieux), Michel Chevalier, etc.

[2] Notre pièce de 20 francs pèse, d'après la loi du 7 germinal an XI (28 mars 1803), 6[gr],45161. Le prix d'un lingot de métal précieux, au titre de $\frac{1\,000}{1\,000}$, s'obtient en déduisant, du *pair avec retenue au change* (c'est-à-dire, du pair moins les frais de monnayage) l'*agio* (perte ou prime). Nous rappelons que, pour l'argent, le pair, figurant dans toutes les cotes officielles, est de 218,89 (loi du 6 juin 1803), alors que le pair réel avec frais de monnayage est de 220,55 ou, sans ces frais, de 222,22. De même, pour l'or, le pair réel est de 3 437 francs (3444,44 — 7,44 de monnayage), alors que le pair, figurant aux cotes, continue à être de 3434,44. Le rapport du franc d'argent au franc d'or est, en poids, $\frac{4,50}{0,2903} = 15,50$.

Mais la cause en est, bien plutôt qu'au renchérissement de l'or, à l'accroissement énorme de la production des diverses substances, aux facilités plus grandes de transports, etc... Pour tout ce qui concerne le côté économique du rôle de l'or, nous renvoyons, d'ailleurs, à la discussion sur le bimétallisme que nous avons placée en tête du chapitre de l'*Argent*[1].

L'or doit son rôle tout spécial à un certain nombre de propriétés : sa densité (19,26) qui ne le cède qu'à celle du platine; sa malléabilité, supérieure à celle de tous les autres métaux; son inaltérabilité sous l'action de la plupart des éléments chimiques; son éclat, etc... Comme il est d'une faible dureté, on ne l'emploie en monnaie ou en bijoux qu'après l'avoir allié au cuivre pour lui donner de la consistance; la loi admet les proportions suivantes :

| | | Or. | Cuivre. |
|---|---|---|---|
| Monnaie d'or de France | | 900 | 100 |
| Vaisselle, ustensiles d'or | 1er titre | 920 | 80 |
| | 2e — | 840 | 160 |
| Médailles | | 916 | 84 |

La tolérance, pour les monnaies et les médailles, est de 2 millièmes; elle est de 3 millièmes pour les objets ouvrés.

Quand on cherche à apprécier comment peut se répartir, entre ces diverses applications, la quantité d'or produite annuellement, on arrive au résultat suivant :

| | |
|---|---|
| Monnayage | 35 p. 100. |
| Exportation définitive | 15 — |
| Consommation[2] | 11 — |
| Perte | 35 — |
| Réserve des lingots | 3 — |

La consommation, elle-même, s'est divisée, de la manière suivante, aux Etats-Unis en 1883 :

| | |
|---|---|
| Bijoux | 3 600 kg. |
| Boîtiers de montre | 1 630 — |
| Métal en feuilles | 460 — |
| *A reporter* | 5 690 kg. |

[1] Voir page 730.

[2] La consommation d'or pur est évaluée, par Soetbeer, à 90 000 kilogrammes par an.

| | |
|---|---|
| *Report* . . . . . | 5 690 kg. |
| Chaînes de montre . . . . . | 374 — |
| Vaisselle . . . . . | 240 — |
| Lunettes . . . . . | 97 — |
| Plumes . . . . . | 66 — |
| Métal consommé par les dentistes . . . | 17 — |
| Produits chimiques . . . . . | 14 — |
| Instruments divers . . . . . | 2 — |
| | 6 500 kg. |

L'or, sous forme de monnaies, peut être réparti, d'après les *pays de frappe*, de la manière suivante[1] :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Allemagne : or fabriqué | | de 1871 à 1881 | 2 156 363 432 francs. |
| Angleterre | — | de 1816 à 1881 | 3 750 000 000 — |
| Australie | — | | 1 650 000 000 — |
| Autriche | — | | 500 000 000 — |
| Belgique | — | de 1866 à 1885 | 563 474 660 — |
| Brésil | — | | 30 000 000 — |
| Danemark | — | | 47 800 000 — |
| Espagne | — | | 675 000 000 — |
| États-Unis | — | | 1 600 000 000 — |
| France | — | de 1795 à 1881 | 8 720 298 300[2] — |
| Grèce | — | | 23 000 000 — |
| Hollande | — | | 102 000 000 — |
| Italie | — | avant 1862 | 244 000 000 — |
| | | de 1862 à 1881 | 272 000 000 — |
| Japon | — | | 150 000 000 — |
| Mexique | — | | 5 000 000 — |
| Norvège | — | de 1873 à 1880 | 18 000 000 — |
| Portugal | — | | 364 000 000 — |
| Russie | — | | 561 000 000 — |
| Suède | — | de 1873 à 1880 | 53 500 000 — |

En 1848, on évaluait le stock d'or disponible (monnayé ou non) à 14 milliards et demi (contre 30 milliards d'argent); en 1857 à 22. En 1882, la proportion de l'or utilisée sous forme de monnaies était estimée à 18 milliards (contre 16 milliards d'argent). Depuis ce moment, il a été frappé environ 7 milliards d'or. Les chiffres

[1] Cf. De Malarce. (C. R., 3 février 1879 et 27 mars 1882.) Les chiffres, que nous donnons, partent, pour chaque pays, du moment où a été mis en vigueur le système monétaire actuel.

[2] L'Etat a retiré de la circulation 71 millions de pièces d'or de 10 et 5 francs. On admet qu'il reste, en France, 3 800 millions en or.

de 1889, relatifs à la frappe de l'or, permettront de se faire une idée de cet emploi de l'or en monnaies :

En Angleterre, la Monnaie de Londres a frappé, en 1889, 187 500 000 francs d'or en sovereigns et 15 100 000 en demi-sovereigns (ces derniers fabriqués exclusivement à l'aide de pièces trop légères retirées de la circulation). Cette année-là, il a été importé en Angleterre 444 200 000 francs d'or et exporté 361 600 000. On évaluait le stock d'or frappé auparavant à 2 620 000 000 ; en ajoutant la frappe de 1889, on arrive à 2 807 500 000[1].

A Paris, on a frappé 17 477 800 francs en or, dont 8 273 000 étaient des pièces légères refondues ; plus, 6 749 000 francs en piastres du commerce pour l'Indo-Chine, soit une augmentation de 15 953 800 francs[2]. La Belgique et l'Italie n'ont rien frappé. La Suisse a frappé 2 millions de francs en or ; l'Espagne, 17 505 000 ; le Portugal, 95 000 milliers ; la Hollande, 2 049 000 florins en or.

L'Allemagne a frappé 252 974 000 francs en or, dont 40 millions étaient des pièces étrangères refondues ; l'Autriche-Hongrie 1 705 000 francs en or ; la Suède 4 millions de krons ; la Russie, 24 430 000 roubles ; les Etats-Unis, 22 millions de dollars.

Le résultat total, en déduisant 88 millions de refonte, donne 791 millions. Si l'on compare à la frappe des années précédentes, on a :

| | Millions | | Millions | | Millions |
|---|---|---|---|---|---|
| 1878..... | 1 112 | 1882..... | 801 | 1886..... | 494 |
| 1879..... | 744 | 1883..... | 567 | 1887..... | 650 |
| 1880..... | 683 | 1884..... | 521 | 1888..... | 702 |
| 1881..... | 664 | 1885..... | 499 | 1889..... | 879 |

En quatorze ans, de 1877 à 1892, il a été frappé pour 9 milliards

[1] L'Angleterre a monnayé annuellement : de 1861 à 1870, 125 millions de francs d'or ; en 1871, 250 ; en 1872, plus de 375, puis de 1874 à 1883, en moyenne, 37 millions seulement ; en 1884, 57 millions ; en 1885, 75 millions ; en 1886, néant. De 1817 à 1850, l'Angleterre absorbait, pour entretenir ou augmenter son stock monétaire, plus que la production annuelle de l'or. (Voir Laveleye, le bimétallisme, p. 69 et 171.)

[2] La France a frappé : en 1879, 24 519 540 francs d'or ; en 1880, néant ; en 1881, 2 167 000 ; en 1882, 3 742 000 ; en 1883 et 1884, néant ; en 1885, 289 400 ; en 1886, 23 586 700 ; en 1887, 24 668 190 ; en 1888, 554 140 ; en tout, de 1879 à 1888, 79 617 970 francs. (Voir un résumé de la frappe des principaux pays, en ces dernières années, dans Laveleye, bimétallisme, p. 103.)

PR

QUANTITÉS EN KILOGR

| | 1880 | | 1881 | | 1882 | | 1883 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Kilos | Francs | Kilos | Francs | Kilos | Francs | Kilos | Francs | |
| France | » | » | 89 | 3 433 | » | 3 429 | 105 | 3 430 | |
| Guyane Française | » | » | 1 995,5 | 3 300 | 1 557,8 | 3 300 | 1 557,8 | 3 300 | |
| Iles Britanniques | » | » | » | » | » | » | 56 | 3 345 | |
| Prusse | » | » | » | » | 81,7 | 3 443 | 101,6 | 3 443 | |
| Saxe | » | » | 159 | 3 450 | 281 | 3 444 | 343 | 3 434 | |
| Autres pays allemands | » | » | 24 | 3 434 | 30 | 3 403 | 30 | 3 403 | |
| Autriche | » | » | 18,7 | 3 482 | 16,5 | 3 247 | 18,2 | 3 204 | |
| Hongrie | » | » | 1 578,6 | 3 477 | » | » | » | » | |
| Italie | » | » | 213,4 | » | 218 | 2 752 | 191 | 2 431 | |
| Russie | » | » | » | » | 36 182 | 3 442 | 37 700 | 3 442 | |
| Suède | 5 | 3 300 | » | » | 1,7 | 3 442 | 37 | 3 442 | |
| États-Unis | 52 212 | 3 412 | 48 902 | 3 442 | 45 140 | 3 442 | 46 200 | 3 452 | |
| Chili | » | » | » | » | 215 | 3 442 | » | » | |
| Mexique | » | » | 1 488 | 3 442 | 1 409 | 3 442 | 1 438 | 3 442 | |
| Colombie | » | » | 6 019 | 3 442 | 5 806 | 3 442 | » | » | |
| Vénézuéla | » | » | 3 423 | 3 442 | 3 423 | 3 442 | 5 022 | 3 442 | |
| Bolivie | » | » | » | » | 109 | 3 442 | 109 | 3 405 | |
| Brésil | » | » | » | » | 1 121 | » | 1 166 | 3 442 | |
| Pérou | » | » | » | » | » | » | » | » | |
| Amérique Centrale | » | » | » | » | » | » | » | » | |
| Guyane Anglaise | » | » | » | » | » | » | » | » | |
| République Argentine | » | » | » | » | » | » | 118 | 3 405 | |
| Canada | » | » | 1 984 | 3 442 | 1 648 | 3 442 | 1 651,3 | 3 310 | |
| Australie | 36 156 | » | 39 221 | 3 091 | 37 771 | » | 34 816 | 3 140 | |
| Tasmanie | 1 586 | » | 1 690 | 3 513 | 1 527 | 3 093 | » | » | |
| Nouvelle-Zélande | 9 193 | » | 8 416 | » | 7 161 | » | 7 724 | 3 243 | |
| Le Cap et possessions anglaises en Afrique | » | » | » | » | 484 | 3 203 | » | » | |
| République du Transvaal | » | » | » | » | » | » | » | » | |
| Japon | » | » | » | » | » | » | 256 | 3 445 | |
| Chine | » | » | » | » | » | » | » | » | |
| Possessions anglaises en Asie (Inde) | » | » | » | » | 12,1 | 3 200 | » | » | |
| Total approximatif pour le monde entier | » | | 154 778 kil. | | 161 492 kil. | | 145 272 kil. | | |

DU KILOGRAMME EN FRANCS

| | 1886 | | 1887 | | 1888 | | 1889 | | 1890 | | 1891 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Francs | Kilos | Francs | Kilos | Francs | Kilos | Francs | Kilos | Francs | Kilos | Francs | Kilos | Francs |
| » | » | » | » | » | » | » | 400 | 3 430 | 200 | 3 200 | 220 | 3 200 |
| » | 1 804 | 3 423 | » | » | » | » | » | » | 1 342 | 3 143 | » | » |
| 3 414 | 50 | 3 414 | 456 | » | 332 | 2 776 | 178 | 2 752 | 63 | 2 657 | 181 | 2 768 |
| 3 438 | 122 | 3 442 | 82 | 3 459 | 196 | 3 444 | 179 | 3 449 | 128 | 3 440 | 100 | 3 434 |
| 3 450 | » | » | 587 | 3 435 | 582 | 3 431 | 582 | 3 432 | » | » | 778 | 3 432 |
| 3 437 | » | » | 73 | 3 437 | 1 015 | 3 431 | 1 197 | 3 432 | » | » | 2 198 | 3 424 |
| 3 413 | 17 | 3 406 | 16 | 3 489 | 10 | 3 476 | 13 | 3 358 | 22 | 3 357 | 15 | 3 173 |
| » | 1 789 | 3 470 | 1 862 | 3 445 | » | » | 2 215 | 3 320 | 2 131 | 3 446 | » | » |
| » | 195 | 2 706 | 234 | 2 713 | 187 | 2 707 | 216 | 2 640 | 206 | 2 687 | » | » |
| 3 413 | 33 490 | 3 442 | 34 859 | 3 147 | 35 000 | 3 147 | 37 281 | 3 147 | 39 361 | 3 442 | » | » |
| 3 443 | 67 | 3 433 | 83 | 3 433 | 76 | 4 648 | 74 | 3 388 | » | » | 110 | 3 442 |
| » | 52 663 | 3 424 | 49 654 | 3 444 | 49 917 | 3 422 | 49 353 | 3 422 | 49 400 | 3 443 | 49 417 | 3 443 |
| 3 423 | 500 | 3 439 | 2 395 | 3 422 | 2 950 | 3 422 | » | » | » | » | 2 162 | 3 442 |
| » | 924 | 3 423 | 1 240 | 3 442 | 1 465 | 3 424 | 1 465 | 3 424 | » | » | 1 505 | 3 442 |
| » | 3 762 | 3 423 | » | » | 2 257 | 3 422 | 4 514 | 3 422 | » | » | 5 224 | 3 442 |
| » | 5 020 | 3 423 | » | » | 1'424 | 3 414 | 2 130 | 3 422 | » | » | 1 504 | 3 442 |
| » | » | » | » | » | » | » | 90 | 3 422 | » | » | 101 | 3 436 |
| » | 1 502 | 3 423 | » | » | 331 | 3 489 | 670 | 3 442 | » | » | » | » |
| » | 170 | 3 423 | » | » | 158 | 3 424 | » | » | » | » | 113 | 3 442 |
| » | » | » | 231 | 3 440 | 226 | 3 420 | 226 | 3 438 | » | » | » | » |
| » | » | » | » | » | » | » | 912 | 3 142 | 1 947 | 3 041 | » | » |
| » | » | » | 45 | 3 453 | 47 | 3 400 | » | » | » | » | 123 | 3 453 |
| 2 883 | 1 437 | 2 985 | 2 061 | 2 974 | 1 907 | 2 905 | 2 249 | 2 905 | 2 022 | 2 862 | » | » |
| 3 109 | 34 732 | 3 150 | 36 026 | 3 060 | 37 070 | 3 080 | 46 629 | 3 016 | 42 137 | 3 827 | » | » |
| 3 054 | 964 | 3 067 | 1 325 | 3 017 | 1 232 | 2 971 | 1 006 | 3 000 | 729 | 3 013 | » | » |
| 3 241 | 7 218 | 3 224 | 6 340 | 3 226 | 6 258 | 3 228 | 6 320 | 3 226 | 6 008 | 3 246 | » | » |
| » | 647 | 2 917 | 799 | 2 933 | 5 467 | 2 787 | 8 861 | 2 742 | 13 906 | 2 788 | » | » |
| » | » | » | 1 087 | 2 900 | 7 184 | 2 895 | 11 800 | 2 800 | 15 363 | 3 000 | 22 673 | 3 059 |
| » | 333 | 3 402 | 564 | 3 423 | 606 | 3 424 | » | » | » | » | 775 | 3 442 |
| » | 5 492 | 3 423 | 5 068 | 3 443 | 13 542 | 3 422 | » | » | 8 020 | 3 442 | » | » |
| » | » | » | » | » | » | » | 2 532 | 2 942 | 3 400 | 2 919 | 4 043 | » |
| 4 kil. | 156 421 kil. | | 158 317 kil. | | 166 255 kil. | | 181 496 kil. | | 203 036 kil. | | 209 804 kil. | |

100 millions de francs en or. En 1877, d'après Soetbeer, le stock en monnaies et en lingots des grandes banques s'élevait à 2 890 millions ; à 3 790 millions en 1880 ; à 4 600 millions en 1883 ; à 5 040 millions en 1885 ; d'après Haupt, il a été, non compris les trésors italien, russe et allemand, de 5 668 millions en 1886 ; de 6 005 millions en 1887 ; de 6 154 en 1888 ; 6 402 en 1889 ; 6 900 en 1890 ; 7 759 en 1891 ; 8 271 en 1892. Le total de l'or y serait donc, au début de 1893, de 9 255 millions contre 4 978 d'argent. A ce moment, l'encaisse or de la banque de France est de 1 700 000[1] ; celui de la banque d'Angleterre de 650 millions.

En France, le commerce de l'or a donné, dans ces dernières années :

| | OR ET PLATINE battus laminés ou filés | | OR ET PLATINE (bijouterie, orfèvrerie) | | OR BRUT | | OR EN MONNAIES | | CENDRES et REJETS D'ORFÈVRES | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Import. | Export. | Import. | Export. | Import. | Export. | Import. | Export. | Import. | Export. |
| | kg. | kg. | kg. | kg. | kg. | kg. | kg. | kg. | kg. | kg |
| 1885 | 1 754 | 4 182 | 849 | 2 873 | 31 183 | 22 247 | 48 011 | 37 992 | 854 879 | 97 401 |
| 1888 | 1 751 | 1 064 | 2 941 | 2 950 | 10 348 | 9 226 | 20 474 | 50 216 | 546 812 | 209 209 |
| 1889 | 1 712 | 1 428 | 1 821 | 2 792 | 56 279 | 4 775 | 45 007 | 35 304 | 527 153 | 63 321 |
| 1890 | 1 359 | 1 918 | 1 207 | 4 035 | 16 104 | 26 400 | 19 153 | 49 588 | 396 721 | 76 237 |
| 1891 | 2 342 | 2 489 | 1 114 | 3 556 | 34 438 | 9 021 | 75 922 | 63 771 | 430 488 | 59 443 |

Indépendamment de l'or produit par la revivification des cendres et rejets d'orfèvre, importés chaque année en assez grande quantité (68 tonnes en 1891), la France produit un peu d'or extrait de minerais étrangers (220 kilogrammes ou 704 000 francs en 1891).

**Production de l'or.** — Le tableau (p. 862-863) donne, de 1880 à 1891, pour les divers pays, la production de l'or en kilogrammes.

Si l'on compare ces chiffres avec ceux des périodes précédentes, voici ce qu'on trouve en kilogrammes par an[2] :

[1] Cet encaisse était : en janvier 1881, de 564 millions ; en 1884, de 951 ; en 1886, de 1 155 ; en 1888, de 1 106 ; en 1890 de 1 261 ; en 1891, de 1 120 ; en 1892, de 1 350 Une grande partie de l'or importé en France, depuis 1891, vient des Etats-Unis.

[2] Voir, dans les Mineral Resource des États-Unis, 1890, p. 53, un graphique donnant la production d'or et d'argent dans le monde, depuis 1848, d'après divers auteurs.

| | Kilos | | Francs |
|---|---|---|---|
| 1561 à 1580. . . . . | 6 980 | = | 23 700 000 |
| 1581 à 1600. . . . . | 7 350 | = | 25 000 000 |
| 1601 à 1620. . . . . | 8 430 | = | 28 700 000 |
| 1621 à 1640. . . . . | 8 430 | = | 28 700 000 |
| 1641 à 1660. . . . . | 8 800 | = | 30 000 000 |
| 1661 à 1680. . . . . | 8 800 | = | 30 000 000 |
| 1681 à 1700. . . . . | 9 100 | = | 31 250 000 |
| 1701 à 1720. . . . . | 12 020 | = | 44 700 000 |
| 1721 à 1740. . . . . | 19 080 | = | 66 530 000 |
| 1741 à 1760. . . . . | 24 610 | = | 85 820 000 |
| 1761 à 1780. . . . . | 20 705 | = | 72 200 000 |
| 1781 à 1800. . . . . | 17 790 | = | 62 000 000 |
| 1801 à 1810. . . . . | 17 778 | = | 62 000 000 |
| 1811 à 1820. . . . . | 11 445 | = | 39 910 000 |
| 1821 à 1830. . . . . | 14 216 | = | 49 580 000 |
| 1831 à 1840. . . . . | 30 289 | = | 70 750 000 |
| 1841 à 1850. . . . . | 54 759 | = | 190 970 000 |

Pour le décennal

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 1849 | Par an | 40 000 kilogrammes | = 135 500 000 | francs |
| 1850 | | 65 000 — | = 222 250 000 | — |
| 1851 | | 100 000 — | = 338 000 000 | — |
| 1852 | | 190 000 — | = 663 000 000 | — |
| 1853 | | 220 000 — | = 777 300 000 | — |
| De 1856 à 1860 | En moyenne par an | 206 058 — | = 700 400 000 | — |
| 1861 1865 | | 198 207 — | = 673 800 000 | — |
| 1866 1870 | | 192 000 — | = 652 800 000 | — |
| 1871 1875 | | 170 675 — | = 580 040 000 | — |
| 1880[1] | Par an | 154 778 — | = 526 320 000 | — |
| 1885 | | 150 234 — | = 510 000 000 | — |
| 1889 | | 203 036 — | = 646 000 000 | — |
| 1891 | | 209 804 — | = 681 000 000 | — |

C'est ainsi que, depuis 1848, il est sorti de terre plus de 21 milliards de francs d'or.

Ce tableau montre immédiatement, après le grand accroissement de production qui a suivi la découverte des gisements de Californie et dont le maximum a eu lieu en 1853, une baisse continue qui ne s'est interrompue qu'en 1888, avec le début des exploitations du Transvaal.

Ces dernières ont été, depuis ce moment, sans cesse en croissant. Après avoir produit 494 000 onces en 1890[2], et 729 000 en

[1] Pour le complément, depuis 1880, se reporter au tableau, pages 862-863.

[2] L'once d'or vaut 31gr,103496.

1891, elles sont arrivées, en 1892, à 1 210 865, soit 37 657 kilogrammes.

Si l'on classe maintenant les pays d'après leur production d'or, on obtient :

| | 1891 | 1890 | 1889 | 1888 | 1887 | 1886 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Kilos | Kilos | Kilos | Kilos | Kilos | Kilos |
| Etats-Unis. . . | 49 417 | 49 414 | 49 353 | 49 917 | 49 654 | 52 663 |
| Australie . . . . | » | 42 137 | 46 629 | 37 070 | 36 626 | 34 732 |
| Russie . . . . . | » | 39 641 | 37 281 | 35 000 | 34 859 | 33 490 |
| Transvaal. . . . | 22 672 | 15 363 | 11 800 | 7 184 | 1 087 | » |
| Le Cap et possessions anglaises en Afrique . . | » | 13 906 | 8 861 | 5 467 | 799 | 647 |
| Chine. . . . . | » | 8 020 | » | 13 542 | » | » |
| Nouvelle-Zélande. | » | 6 008 | 6 320 | 6 258 | 6 340 | 7 218 |
| Colombie . . . . | 5 224 | » | 4 514 | 2 257 | » | 3 762 |
| Indes (Mysore) . . | 4 800 | 3 400 | 2 532 | » | » | » |
| Chili . . . . . | 2 162 | » | » | 2 953 | 2 395 | » |
| Hongrie. . . . . | » | 2 131 | 2 215 | » | 1 862 | » |
| Canada . . . . . | » | 2 022 | 2 249 | 1 900 | 2 061 | 1 437 |
| Guyane anglaise. | » | 1 947 | 912 | 687 | » | » |
| Mexique. . . . | 1 505 | » | » | 1 465 | » | » |
| Venezuela. . . . | 1 504 | » | 2 130 | 1 424 | » | » |
| Guyane française. | » | 1 342 | » | » | » | 1 804 |
| Japon. . . . . | 775 | » | » | 606 | 564 | » |
| Tasmanie . . . . | » | 729 | 1 006 | 1 232 | 1 325 | » |
| Brésil. . . . . | » | » | 670 | 331 | » | » |
| Amérique centrale | » | » | » | 226 | » | » |
| Italie . . . . . | » | 205 | 216 | 187 | 234 | » |
| Grande-Bretagne. | 183 | 63 | 178 | 332 | 456 | » |
| République Argentine. . . . . | 123 | » | » | 47 | » | » |
| Pérou. . . . . | 113 | » | » | 158 | » | » |
| Suède. . . . . | 110 | » | 74 | 76 | 83 | » |
| Bolivie . . . . . | 101 | » | 90 | » | » | » |
| Allemagne. . . . | 100 | 127 | 110 | » | » | » |

L'or, mentionné précédemment (page 862) comme production française, vient exclusivement de minerais étrangers; nous n'en avons donc pas tenu compte ici. Il en est de même pour la majeure partie de l'or produit en Allemagne et en Angleterre. Cependant ces deux pays ont également des minerais aurifères.

Nous résumerons les données statistiques relatives aux principaux pays producteurs en les prenant par ordre d'importance. Ce nous sera une occasion pour indiquer brièvement les conditions géologiques des gisements, dont nous ne donnons pas, plus tard, une description détaillée.

**Etats-Unis.** — Aux Etats-Unis, la presque totalité de l'or est ve-

nue, un moment, de la Californie; mais, depuis trente ans, quelques autres Etats de l'Ouest ont commencé à en produire également des quantités considérables. Le caractère américain et le genre d'industrie propre à des pays neufs font, d'ailleurs, que les centres de production se déplacent rapidement et sont abandonnés presque aussi vite qu'ils se créent. Tout au contraire de ce qui se passe dans les mines du vieux continent, particulièrement dans celles de l'Etat en Allemagne, où l'exploitation s'opère avec le souci d'un avenir lointain en arrachant jusqu'à la dernière parcelle de minerai, en Amérique, on s'occupe exclusivement du minerai « payant » et l'on gaspille, à côté, tout le reste, quitte à y revenir péniblement plus tard. Si l'on joint à cela les spéculations gigantesques entreprises par les propriétaires des mines, pour faire croire tantôt à leur prospérité inouïe, tantôt à leur épuisement complet, et le soin jaloux avec lequel ils empêchent, en conséquence, d'y pénétrer, on comprendra la difficulté que l'on éprouve à suivre à distance cette industrie des mines dans ses fluctuations constantes.

En 1878, 1882, 1887 et 1890, cette production s'est répartie, entre les divers Etats, de la manière suivante :

| | 1890 | 1887 | 1882 | 1878 |
|---|---|---|---|---|
| | Francs | Francs | Francs | Francs |
| Californie. . . . . | 65 000 000 | 69 680 000 | 87 360 000 | 91 044 000 |
| Colorado . . . . . | 21 580 000 | 20 800 000 | 17 472 000 | 16 700 000 |
| Montana . . . . . | 17 150 000 | 27 040 000 | 13 000 000 | 13 900 000 |
| Dakota. . . . . | 16 640 000 | 12 680 000 | 17 000 000 | 12 520 000 |
| Nevada. . . . . | 14 550 000 | 13 000 000 | 11 000 000 | 46 560 000 |
| Idaho . . . . . | 9 240 000 | 9 880 000 | 7 800 000 | 7 200 000 |
| Oregon . . . . . | 5 700 000 | 4 680 000 | 4 316 000 | 6 000 000 |
| Arizona. . . . . | 5 180 000 | 4 316 000 | 5 200 000 | 4 140 000 |
| New-Mexico. . . . | 4 420 000 | 2 600 000 | 780 000 | 646 000 |
| Alaska . . . . . | 3 960 000 | 3 510 000 | 780 000 | » |
| Utah. . . . . | 3 530 000 | 1 144 000 | 990 000 | » |
| Washington. . . . | 1 140 000 | 780 000 | 624 000 | » |
| Caroline du Nord . | 610 000 | 1 144 000 | 990 000 | 2 970 000 |
| Georgie. . . . . | 518 000 | 572 000 | 130 000 | Divers |
| Caroline du Sud. . | 518 000 | 260 000 | » | 15 800 000 |
| Michigan . . . . . | 416 000 | » | » | » |
| TOTAUX . . | 170 154 000 | 172 086 000 | 167 442 000 | 216 580 600 |

La production totale de l'or, aux Etats-Unis, dans ce siècle, a été environ la suivante :

| | | |
|---|---|---|
| Etats du Sud, de 1804 à la découverte de l'or en Californie. | | 68 640 000 |
| Ensemble des États | De 1848 à 1880 | 7 987 200 000 |
| | 1881 1884 inclus | 946 400 000 |
| | 1885 1887 | 520 000 000 |
| | 1888 | 49 917 000 |
| | 1889 | 49 353 000 |
| | 1890 | 49 400 000 |
| | 1891 | 49 417 000 |
| | | 9 720 127 000 |

Si l'on examine un graphique de cette production de l'or aux Etats-Unis [1], on voit la courbe s'élever presque verticalement de 1847 à 1853 (4 500 000 dollars à 65 millions), puis redescendre jusqu'en 1862 (40 millions), remonter à 54 millions en 1866, descendre à 34 en 1875, revenir à 50 en 1878, retomber à 30 en 1883, et, depuis ce moment, osciller autour de ce même chiffre. La production de l'argent, qui n'a commencé qu'en 1860, a suivi une augmentation beaucoup plus constante, sauf un recul de 1878 à 1880 et, pour l'ensemble des deux métaux précieux, il y a également un maximum en 1878 (96 millions de dollars), un minimum en 1880 (74 millions).

Indépendamment de cette production, on constatait, il y a quelques années, aux Etats-Unis, une importation d'or, qui s'est élevée, en 1887, à 234 millions de francs contre une exportation de 47 millions, les importations ayant donc surpassé les exportations de 187 millions, tandis que, pour l'argent, la perte par exportation était de 37 millions. Depuis 1891, les États-Unis exportent, au contraire, de l'or. La consommation, dans les arts industriels, était, en 1887, d'environ 60 millions de francs.

Voyons maintenant quelles sont, dans les divers Etats que nous venons d'énumérer, les principales mines d'or [2] :

La *Californie* a été le premier Etat américain qui ait produit de l'or; cette production s'est élevée, en 1848, à 42 millions de

[1] Voir *Mineral Resources of the United States*, 1887, p. 61.
On trouvera également, dans les *Mineral Resources* de 1890, p. 51, un tableau de la production de l'or et de l'argent aux États-Unis, depuis 1792.

[2] On peut consulter : Whitney; Metallic wealth of the Un. States, et R.-W. Raymond; The mines of the west, 1869.

francs d'or; en 1853, à 336; en 1860, à 233, alors que les autres Etats n'en fournissaient que 5 millions. Puis, on trouve:

| | 1868 | 1877 | 1880 | 1890 | |
|---|---|---|---|---|---|
| Californie. . . . . | 114 | 78 | 91 | 65 | millions de francs |
| Autres États . . . | 134 | 166 | 93 | 105 | — |

D'année en année, la production de la Californie décroît, tandis que celle des autres États augmente encore un peu.

En *Californie*, l'or existe, comme nous le verrons, en filons et en alluvions.

Parmi les filons, le principal est ce gigantesque filon nommé Mother Lode qui s'étend à travers trois comtés.

Sur ce filon, nous citerons, dès à présent, les mines du comté de Mariposa (Joséphine et Pline Tree); puis, dans le comté d'Amador, la mine Eureka (ou Haywards), la mine Keyston, etc.

Sur des filons de quartz indépendants, se trouvent les mines du comté de Nevada [1], telles que Eureka mine, Empire mine, Ophir Hill (Gras Valley); Banner mine, Pittsburg mine (Nevada City).

Comme placers, les principaux sont ceux des bassins de Yuba river, Bear river, American river, Makelumne, Stanislas et Tuolumne.

Au *Colorado* [2], les principales mines d'or étaient, en 1882, celles du comté de Gilpin [3] (quartz avec pyrites aurifères). Lock cite particulièrement le filon Bobtail dirigé E.-O., d'une épaisseur moyenne de 1 mètre, encaissé dans du gneiss et composé de quartz aurifère avec pyrite de fer et de cuivre; ce filon avait produit, en 1882, 13 millions; il décrit, en outre, le Gregory Lode, Bates Lode, Illinois Lode, Gardner Lode, Burroughs Lode.

Indépendamment des quartz aurifères, on exploite, au Colorado,

[1] Il faut avoir soin de distinguer le comté de Nevada (Etat de Californie), de l'Etat de Nevada. Dans le même ordre d'idées, nous appellerons l'attention sur les répétitions fréquentes des mêmes noms de mines, de rivières, de montagnes, etc., en des points différents, aux États-Unis. Il est nécessaire également de tenir compte des changements administratifs qui ont été causés, dans ces dernières années, par la création de nouveaux États.

[2] Voir Lock, Gold, etc., p. 159. — Rapport de J.-D. Hague. — Rolland. *Ann. d. M.*, 1878, etc.
Le Colorado est devenu un État, depuis 1876.

[3] Sur le comté de Gilpin, voir Burthe. *Ann. d. M.*, 7e, t. V, p. 285.

dans le comté de Boulder, des gisements de tellurures qui n'ont guère leur équivalent qu'en Transylvanie. Ces mines, après avoir excité un grand enthousiasme en 1875, ont été, dès l'année suivante, très dépréciées, puis se sont relevées, peu à peu, à mesure que l'on a appris à concentrer les minerais à basse teneur. En 1875, le comté de Boulder, avec les mines de Magnolia (près de Boulder City), de Melvina, d'American, de Slide au Nord de Gold Hill, etc., produisait 3 300 000 francs d'or.

Enfin le comté de Clear Creek produit une certaine quantité d'or (500 000 francs en 1876), avec des mines de blende et galène argentifère à gangue quartzeuse [1].

Au *Montana*, le grand développement de la production aurifère est très récent. Lock, dans son ouvrage monumental sur l'or publié en 1882, ne consacre à cet État qu'une courte mention [2]. Cependant, vers 1865-66, il y avait eu un premier essor dû à la découverte de riches placers sur les affluents du Missouri. En 1865, la production avait atteint 93 millions de francs ; puis elle est retombée, peu à peu, à 21 millions en 1876 et 13 millions en 1882. Vers 1876, les principaux placers étaient, d'après Raymond, ceux de Old Alder, Deer Lodge County, Lewis and Clarke, *etc.* Dans le Deer Logde County, on exploitait, en outre, dès cette époque, des filons de quartz aurifère avec pyrites de fer et minerais de cuivre. De 1882 à 1887, la production du Montana a plus que doublé (27 millions en 1887) et cet essor a continué depuis. Aujourd'hui, la principale mine d'or de la région est celle de Drun Lummon, à peu de distance à l'Ouest de la ligne du North Pacific Railway, au nord de Butte City. En outre, la plupart des filons argentifères du groupe de Butte City [3] produisent une certaine quantité d'or.

Dans le *Dakota* [4], se trouve la très importante mine de *Homestake*, où l'on arrive à traiter, par an, 200 000 tonnes de minerai, tenant,

[1] Voir Burthe. *Ann. d. M.*, 7e, t. V, p. 302.
Rolland. *Ann. d. M.*, janvier 1878, p. 23, etc.

[2] Page 172.

[3] Voir, plus haut, pages 263 et 808.

[4] Lock, p. 162.
Rapport de W. P. Jenney.

environ, 25 francs d'or à la tonne et donnant 11 à 12 francs de bénéfice ; au voisinage, près de la ville de Deadwood', dans les Blackhills, sont les mines Father de Smet, qui passent 100 000 tonnes et Caledonia, qui en passe 50. Les gisements sont des filons de quartz aurifères, comparables à ceux de Californie et traversant les schistes archéens.

Indépendamment de ces filons, il existe, dans le Dakota, des gisements d'alluvions, tels que ceux de French Creek, Spring Creek, Castle Creek, etc.

Dans le *Nevada*[1], la grande production d'or, accusée par le tableau précédent, est surtout fournie par le filon de Comstock, auquel s'ajoutait, il y a quelques années, le district d'Eureka qui, nous n'avons pas besoin de le rappeler, sont des gisements aurifères en même temps argentifères[2]. La mine de Richemond (Eureka), dans le premier semestre de 1875, a fourni 1 550 000 francs d'or, 2 800 000 fr. d'argent et 1 270 000 fr. de plomb.

Dans l'*Idaho*[3], on exploite également des filons, tels que ceux des monts Owyhee et du Salmon river et des placers sur le Snake river.

L'Idaho est, comme le Montana, un pays où les exploitations minières (or, argent, etc...) prennent, depuis 1887 ou 1888 surtout, un développement considérable.

Dans l'*Oregon*, l'or se trouve, principalement, sur le flanc Ouest du Cascade Range et dans les alluvions de toutes les rivières qui en découlent.

Dans l'*Arizona*[4], les plus anciennes mines sont celles du comté de Puna, où l'on exploite un quartz aurifère. Généralement, les quartz aurifères de cette région, à la différence de ceux de Californie, contiennent de la pyrite de cuivre assez abondante. Nous avons eu l'occasion de décrire les grands gisements de cuivre qui s'y trouvent[5]. La majeure partie de l'or vient, d'ailleurs, du traitement des galènes argentifères.

[1] Voir Lock, p. 173.
[2] Voir pages 626 et 793.
[3] Lock, p. 171.
[4] Page 128.
[5] Voir plus haut, page 262.

**Australie**[1]. — L'Australie vient immédiatement après les Etats-Unis comme centre de production aurifère, et, si on lui rattache la Nouvelle-Zélande et la Tasmanie, qui forment, avec elle, l'Australasie, elle a une production presque égale, parfois même supérieure (48 874 kilogrammes contre 49 414 en 1890; 44 560 contre 40 917 en 1888; 45 622 contre 40 000 en 1881). De 1851 à 1882, la production de l'or en Australasie s'est répartie de la façon suivante :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Victoria. . . . . | 1 597 678 | kilogr. | |
| Nouvelle-Galles du Sud. . | 289 035 | — | |
| Queensland . . . . . | 119 778 | — | |
| Australie méridionale . . | 3 472 | — | |
| | 2 009 963 | — | = 6 366 985 029 francs. |
| Tasmanie . . . . . | 8 663 | — | = 1 011 018 173 — |
| Nouvelle-Zélande . . . . | 312 545 | — | |

Dans la province de *Victoria*, l'or provient, comme toujours, de deux grandes sources, l'exploitation des alluvions et celle des quartz aurifères. A cette dernière vient s'ajouter, pour un chiffre assez faible, l'exploitation des pyrites et autres minerais complexes renfermant un peu d'or et le lavage des tailings (rebuts des exploitations anciennes). En 1868, sur un total de 52 300 kilogrammes, les alluvions en fournissaient 33 821, les filons 18 479; en 1889 sur 26 710, les alluvions n'entraient plus que pour 9 760, les filons pour 16 950[2].

Les tableaux ci-joints montrent, dans cette province : 1° la quantité totale d'or extraite des filons et alluvions, de 1851 à 1881; 2° l'importance respective des divers districts en 1881 et les produits de l'exploitation en ce qui concerne les quartz aurifères, les pyrites, les tailings, etc.

[1] Voir, sur la production de l'or en Australie, une note de M. Fuchs dans le bulletin des *Ann. d. M.* de 1881, et Lock, p. 479.

[2] Nous retrouvons partout ce fait de l'épuisement rapide des alluvions, tandis que, dans les pays d'exploitation déjà ancienne, les filons gardent seuls quelque importance

QUANTITÉ TOTALE D'OR EXTRAITE DES FILONS ET DES ALLUVIONS DE LA COLONIE DE VICTORIA, DE L'ORIGINE (1851) À 1881

| ANNÉES | OR DES ALLUVIONS | OR DES FILONS | OR TOTAL |
|---|---|---|---|
| | Kilog. | Kilog. | Kilog. |
| 1851 à 1867 | » | » | 1 107 107 |
| 1868 | 33 821 | 18 479 | 52 300 |
| 1869 | 29 049 | 25 098 | 54 147 |
| 1870 | 22 352 | 18 211 | 40 563 |
| 1871 | 21 713 | 20 860 | 42 573 |
| 1872 | 19 890 | 21 515 | 41 405 |
| 1873 | 15 682 | 20 717 | 36 399 |
| 1874 | 13 475 | 20 661 | 34 136 |
| 1875 | 13 267 | 19 960 | 33 227 |
| 1876 | 12 130 | 18 842 | 30 972 |
| 1877 | 9 011 | 16 168 | 25 179 |
| 1878 | 8 224 | 15 350 | 23 574 |
| 1879 | 9 121 | 14 481 | 23 602 |
| 1880 | 9 327 | 16 457 | 25 784 |
| 1881 | 9 760 | 16 950 | 26 710 |
| TOTAUX. . . . | 226 822 | 263 749 | Depuis 1868 : 490 571<br>Depuis 1851 : 1 597 678 |

1. — PRODUITS DE L'EXPLOITATION DES QUARTZ AURIFÈRES (1881)

| DISTRICTS MINIERS | NOMBRE de filons de quartz en exploitation | QUARTZ traités et étudiés | OR PRODUIT | TENEURS PAR TONNE | | PROFONDEURS correspondantes |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | MOYENNES | EXTRÊMES | |
| | | Tonnes | Kilog. | Grammes | Grammes | Mètres |
| Ballarat. . . . . | 350 | 508 020 | 5 184 629 | 10 046 | 7 728 à 17 650 | 60 à 330 |
| Beechworth. . . . . | 912 | 43 682 | 815 153 | 18 681 | | |
| Sandhurst. . . . . | 779 | 248 490 | 4 665 355 | 18 467 | 13 851 à 322 374 | 150 à 400 |
| Maryborough . . . . | 627 | 53 840 | 849 047 | 15 645 | 9 490 à 40 482 | 80 à 220 |
| Castlemaine. . . . . | 407 | 89 556 | 878 419 | 9 661 | | |
| Ararat . . . . . | 81 | 82 540 | 945 052 | 11 285 | | |
| Gippsland . . . . . | 489 | 30 702 | 827 587 | 26 803 | 38 722 à 83 701 | 180 à 330 |
| Totaux et moyennes. | 3 645 | 1 056 830 | 14 165 242 | 12 225 | 7 728 à 322 374 | 60 à 330 |

II. — PYRITES AURIFÈRES ET MINERAIS COMPLEXES (EN 1881)

| DISTRICTS MINIERS | MINERAIS TRAITÉS | OR PRODUIT | TENEUR moyenne par tonne |
|---|---|---|---|
| | Tonnes | Kilogrammes | Grammes |
| Ballarat | 1 771 | 144,492 | 81,776 |
| Beechworth | 410 | 15,213 | 37,704 |
| Sandhurst | 2 942 | 197,716 | 67,071 |
| Maryborough | 247 | 2,712 | 10,900 |
| Castlemaine | 630 | 43,089 | 67,926 |
| Ararat | » | » | » |
| Gippsland | 56 | 1,836 | 32,488 |
| TOTAUX ET MOYENNES | 6 056 | 405,058 | 66,687 |

III. — REBUTS OU TAILINGS (EN 1881)

| DISTRICTS MINIERS | MINERAIS TRAITÉS | OR PRODUIT | TENEUR moyenne par tonne |
|---|---|---|---|
| | Tonnes | Kilogrammes | Grammes |
| Ballarat | 2 340 | 6,822 | 2,480 |
| Beechworth | 7 371 | 42,900 | 5,429 |
| Sandhurst | 326 | 0,793 | 2,137 |
| Maryborough | 4 474 | 29,379 | 6,455 |
| Castlemaine | 8 338 | 22,117 | 2,266 |
| Ararat | 2 615 | 4,225 | 2,694 |
| Gippsland | » | » | » |
| TOTAUX ET MOYENNES | 25 464 | 106,236 | 3,804 |

IV. — ALLUVIONS (WADSHIRT) TRAITÉES AU SLUICE ET ÉTUDIÉES EN 1880

| DISTRICTS MINIERS | ALLUVIONS lavées | OR TOTAL produit | TENEUR moyenne par tonne | TENEURS EXTRÊMES par tonne | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | MINIMUM | MAXIMUM |
| | Tonnes | Kilogrammes | Grammes | Grammes | Grammes |
| Ballarat | 230 723 | 60,538 | 2,052 | 0,460 | 4,083 |
| Beechworth | 242 751 | 187,349 | 0,513 | 0,471 | 1,279 |
| Sandhurst | » | » | » | » | » |
| Maryborough | 141 255 | 651,321 | 4,615 | 2,553 | 9,160 |
| Castlemaine | 330 607 | 617,598 | 1,752 | 0,780 | 4,029 |
| Ararat | 33 799 | 285,134 | 8,207 | | |
| Gippsland | » | » | » | | |
| TOTAUX ET MOYENNES. | 979 135 | 1 801,940 | 2,095 | | |

Après la province de Victoria, vient celle de la *Nouvelle-Galles du Sud*, où l'exploitation a donné :

| DISTRICTS | PRODUCTION DE L'OR | |
|---|---|---|
| | En 1876 — en kilos | En 1879 — en kilos |
| Mudgee | 1 077 | 674 |
| Tumut | 663 | 514 |
| Tambaroora | 937 | 485 |
| District méridional | 362 | 462 |
| Hunter et Macleay | » | 312 |
| Lochlau | 1 263 | 294 |
| Bathurst | 422 | 282 |
| Peel et Uralla | 295 | 253 |
| Nouvelle Angleterre et Clarence | 121 | 114 |

De même, dans le *Queensland*, on a eu :

| DISTRICTS | PRODUCTION DE L'OR En 1880 — en kilos |
|---|---|
| Charters Towers | 2 113 |
| Hodgkinson | 741 |
| Ravenswood | 392 |
| Etheridge et Gilbert | 274 |
| Gympie | 228 |
| Palmer | 215 |
| Cloncurry | 152 |
| Gladstone | 107 |
| Clermont | 36 |
| Total | 4 258 |

Pour la description des gisements, nous renvoyons aux deux chapitres des *Filons de quartz aurifère*[1] et des *Alluvions*[2].

**Russie**[3]. — La première découverte de l'or en Russie fut faite, en 1737, dans le gouvernement d'Arkhangel par un paysan nommé

[1] Voir page 912.

[2] Voir page 969.

[3] Voir Lock, p. 369.
Laurent. Industrie de l'or dans l'Oural. *Ann. d. M.*, déc. 1890.
Cf. Reclus : Asie russe, p. 880.

Taras Antonof. En 1745, on trouva les gisements de Bérézowsk, près d'Ekaterinenburg, dans l'Oural et, à peu près à la même époque, les riches alluvions de l'Altaï (montagne de l'or, en Tartare) entre les rivières de l'Irtysch et de l'Ob, dans la province de Tomsk. Cette région de l'Altaï prit, assez vite, un développement minier considérable, non seulement pour l'or, mais aussi pour l'argent : les mines de plomb argentifère de Smeïnogorsk, dans l'Altaï, ont été, à la fin du XVIII^e^ siècle, les plus productives du monde et, de 1745 à 1860, l'Altaï a produit 250 millions d'argent, 50 millions d'or. Après l'Oural et l'Altaï, on commença à exploiter les alluvions du haut Yénisséi et de l'Angora, de Vitim et de l'Okoma qui, dans leur nouveauté, avec une main-d'œuvre à vil prix de serfs et de condamnés, ont, malgré la rigueur du climat, donné, jusqu'en 1850, de très grands bénéfices. Mais, peu à peu, les alluvions de la Sibérie se sont appauvries et, quoiqu'en 1877 on comptât encore 51 272 orpailleurs dans la Sibérie Orientale, la production y a diminué, tandis qu'au contraire les mines de l'Oural, sous une direction éclairée et avec l'introduction de méthodes perfectionnées, s'accroissaient.

La *Russie* a produit les quantités d'or suivantes :

| | | | |
|---|---|---|---|
| De 1737 à 1877 . . . . . | 1 107 103 | kilogr. | |
| (1867 à 1876, par an . . | 33 345 | — | en moyenne.) |
| 1877 . . . . . | 39 803 | — | |
| 1877 à 1888 . . . . . | 385 981 | — | |
| 1889 . . . . . | 37 281 | — | |
| 1890 . . . . . | 39 651 | — | |
| | 1 609 799 | kilogr. | |

La production se répartit entre les régions suivantes (*année* 1885) :

| | |
|---|---|
| Sibérie Orientale . . . . . | 22 101^kg^,894 |
| Sibérie Occidentale . . . . . | 2 209 448 |
| Oural . . . . . | 8 697 530 |
| Finlande . . . . . | 6 130 |
| | 33 014^kg^,992 |

La Sibérie elle-même comprenait, en 1876, les centres suivants :

| | |
|---|---|
| Province d'Iakutsk | 10 279,3 |
| — d'Irkutsk | 6 321,3 |
| — de Transbaïkalie | 3 831 |
| Amur | 2 812,1 |
| Maison impériale | 2 506 |
| Tomsk | 1 757,7 |
| Divers (Semipalatinsk, Akmolinsk) | 1 460 |
| | 28 967,4 |

Dans la province d'*Iakutsk*, le principal centre d'exploitation est *Olekminsk* [1], au confluent de l'Olekma et de la Lena. Malgré le climat très extrême, les exploitations, qui portent sur les alluvions de la Lena, sont considérables. Plus de 6 000 hommes traitent là, par an, environ 1 million de tonnes de sables aurifères.

Dans la province d'*Irkutsk*, on lave les alluvions de la Léna supérieure (à Verkho Lensk), de la Selenga à Verkneudinsk. L'Yénissei, lui-même, présente, sur la majeure partie de son cours, d'importantes exploitations. C'est ainsi que nous citerons, d'après Lock, au Sud de la province d'Yenisseisk, Atchinsk et Minusinsk; puis, en remontant [2] :

| | Sables lavés | Or obtenu |
|---|---|---|
| Bassin de l'Uderey | 181 300 000 tonnes | 62 500 kg. |
| — du grand Murojnaia | 10 130 000 — | 33 300 — |
| — du grand Pit | 2 030 000 — | 4 300 — |

Dans la région d'*Yenisseisk*, on recueillait autrefois une grande quantité d'or dans les sables des rivières qui coulent à l'Yénissei, entre la Verkhnaya Toungouska [3] et la Toungouska Podkamennaya (Uderey, Pit, etc.) ; en 1875, il y avait encore là plus de 16 000 travailleurs; mais la production tend à y diminuer peu à peu.

Le bassin de l'Amour fournit l'or extrait en *Transbaïkalie* et dans la *province de l'Amour* [4]. L'exploration méthodique de ces

[1] Lock, p. 413.
[2] Lock, p. 409.
[3] Voir une carte de cette région dans Reclus, t. VI, p. 725, et dans Lock, p. 398.
[4] Voir une carte dans Lock, p. 414.

gisements a été faite, en 1849, par une expédition russe envoyée, en apparence, pour délimiter la frontière chinoise ; puis, en 1857, par Anosof et, en 1870 par Bogolinbsky. Il existe de l'or, non seulement dans les alluvions de l'Amour, mais aussi dans celles de ses affluents, la Shilka et l'Argun. Les mines de Nertschinsk, exploitées depuis 1832, ont été très importantes vers 1870 : on lavait, à ce moment, plus de 1 million de tonnes par an pour obtenir 2 500 kilogrammes d'or. Comme la plupart des gisements sibériens, celui-là est en décroissance depuis l'abolition du servage.

Enfin, dans l'*Oural*, on a exploité : 1° les gisements du district de Bérézowsk et Goroblagodask ; 2° ceux du district de Miask ; 3° ceux du territoire des Bachkirs ; 4° ceux du territoire des Cosaques d'Orenbourg. Les filons de quartz aurifère de Bérézowsk donnent seuls aujourd'hui lieu à une exploitation suivie ; nous les décrirons ultérieurement.

Au *Transvaal* et dans les possessions anglaises du Cap, l'industrie de l'or a pris, depuis 1888, une extension considérable ; après avoir porté d'abord sur des alluvions, les exploitations s'attaquent aujourd'hui à des conglomérats dévoniens ; c'est un sujet sur lequel nous aurons à insister.

La *Chine* produit une assez forte quantité d'or, pour laquelle les statistiques exactes font défaut. On connaît, comme districts aurifères, la partie chinoise du bassin de l'Amour, au voisinage de la Transbaïkalie, les districts de Ninghai et E. Chaou dans la province littorale de Shantung au Sud de Pékin, le district de Singan (Shensi), le Thokjalung dans le Thibet, etc. Lock donne, d'après Pompelly[1], une liste, avec carte annexée, de ces laveries d'alluvions, sur lesquelles nous manquons de renseignements précis. On cite particulièrement le Yangtzekiang, qui s'appelle aussi Kinshakiang (rivière de sable d'or) et, plus bas, Kin-ho (rivière d'or). D'après Adkins (1877), on exploiterait aussi des quartz aurifères dans la vallée de Chia-t'i-kou.

Ce sont là les cinq grands centres de production, fournissant, à eux seuls, près de 85 p. 100 de la production du monde : 176 000 kilogrammes sur 210 000. Nous allons passer en revue les centres

[1] Pages 268 et 297.

de moindre importance en les groupant, pour plus de facilités, par continent.

Dans l'*Amérique du Sud*, l'or est exploité dans l'isthme de Panama, l'isthme de Darien, en Colombie, au Pérou et au Chili, dans le Venezuela, les Guyanes et le Brésil.

L'*isthme de Darien*, de même que l'*isthme de Panama*, comptent parmi les régions aurifères. La province de Darien, surnommée Castilla de Oro, était l'Eldorado de Walter Raleigh (1517), de Francis Drake (1557). C'est là que se trouvaient les mines fameuses de Cana, qui furent abandonnées au XVIIIe siècle. Une compagnie française a essayé de les reprendre, il y a une dizaine d'années. A Panama, on a exploité les mines de Sardenilla, Chiriqui, de Barbacoas, de Choco. Du côté de l'Océan Pacifique, sont les districts de Quibbo, Buenaventura, etc. Nous reparlerons des mines de Sardenilla.

En *Colombie* ou *Nouvelle-Grenade*[1], l'exploitation de l'or est très ancienne. De 1537 à 1875, le docteur Sœtbeer l'a évaluée à 1 210 400 kilogrammes. De 1820 à 1875, la production moyenne annuelle a été d'environ 3 490 kilogrammes. En 1889, elle s'est élevée à 4 514; en 1891, à 5 224.

Au *Chili*[2], la production, de 1545 à 1875, s'est élevée, d'après le docteur Soetbeer, à 262 700 kilogrammes ou 900 millions d'or. Elle varie actuellement entre 2 000 et 3 000 par an. Le Chili, au moment de la conquête espagnole, produisait, avec la Bolivie, l'or des Incas. On cite, en particulier, les filons des départements d'Illalpel et de Combarbala, les placers de Andocollo (à 50 kilomètres de Coquimbo), de Los Cristales à Canquenes, de Talca, de Arauco, etc.

Au *Venezuela*, il existe un certain nombre de mines importantes, dont le développement peut être résumé dans le tableau suivant, qui exprime la quantité d'or expédiée en lingots par les mines, indépendamment d'une certaine quantité vendue sur place:

[1] Lock, p. 235.

[2] Lock, p. 233. Cf. Appendice et lettre d'Alexandre Bertrand. Voir Vicuña Mackenna : La Edad del Oro en Chile.

| | CALLAO 25 pilons | NACUPI 25 pilons | HAMA 20 pilons | POTOSI 20 pilons | CHILE, MOCUPIA et NEW-YORK 10 pilons | CARATAL 10 pilons |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Francs | En onces | | | | |
| 1871 | 278 633 | » | » | » | » | » |
| 1872 | 712 318 | » | » | » | » | » |
| 1873 | 1 063 838 | » | » | » | » | » |
| 1874 | 1 544 590 | 5 206 | 373 | 1 565 | 1 339 | 6 843 |
| 1875 | 3 048 640 | 13 492 | » | 2 919 | 2 997 | 4 754 |
| 1876 | 4 169 255 | 11 724 | » » | 3 208 | 4 028 | 4 469 |
| 1877 | (40 pilons) 4 778 682 | (50 pilons) 6 312 | » | 14 670 7 126 | 4 551 7 265 | (20 pilons) 4 582 |
| 1878 | 4 892 518 | Arrêt | » | » | » | » |
| 1879 | 3 897 126 | » | » | » | » | » |
| 1880 | 5 200 723 | » | » | » | » | » |
| 1881 | 6 970 219 | » | » | » | » | » |
| 1882 | (60 pilons) 10 150 584 | » | » | » | » | » |
| 1883 | 14 200 000 | » | » | » | 31 453 (3 000 000 fr.) | » |

Après la mine de Callao, la mine de Chile est la plus importante. Toutes deux portent sur des filons de quartz aurifères. Le lavage des alluvions ne se fait que dans la vallée de la Mocupia et ses affluents.

Dans la *Guyane anglaise*, on a exploité de l'or sur les alluvions de l'Yumeri à Tupuquen. La production de la région est de 1 300 kilogrammes par an[1].

Dans la *Guyane française*, la première entreprise de mines a été faite en 1856; les résultats sérieux n'ont été obtenus que depuis 1868. On a eu :

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1868 . . . . . | 297kg,358 | valant | 892 074 | francs. |
| 1870 . . . . . | 412 732 | — | 1 238 196 | — |
| 1873 . . . . . | 832 344 | — | 2 497 032 | — |
| 1886 . . . . . | 1 804 000 | — | 5 770 000 | — |
| 1890 . . . . . | 1 342 000 | — | 4 218 000 | — |

Le nombre des concessions était, en 1872, de 84, en 1874 de 172; dans l'espace de ces deux années, le nombre des ouvriers mineurs avait passé de 1 100 à 2 000.

[1] Lock, p. 245.

Au *Brésil*, la production d'or, de 1691 à 1875, a été, d'après le professeur Sœtbeer, d'environ 3 600 000 000 de francs. En 1889, nous avons dit qu'elle avait été de 670 kilogrammes.

Parmi les beaux gisements, pour la plupart encore peu exploités, de ce pays, nous étudierons ceux de *Passagem*, *Carrapatos*, *Faria*, *Morrovelho*, *Maquiné*, etc

En *Asie*, outre la Sibérie, dont nous avons déjà parlé à propos de la Russie, l'or provient des Indes, de Sumatra, de Bornéo, de la Chine, du Japon.

Tous ces gisements sont des alluvions.

Aux *Indes*, la plus grande quantité de l'or vient du Mysore (130 000 onces ou 4 043 kilogrammes en 1891), de Wynaad, province de Madras, du Ladak, de la province de Chutia nagpur, etc.

A *Sumatra*, toute la côte Ouest est aurifère.

En *Europe*, la production d'or est fournie par la Hongrie, l'Italie, l'Allemagne, l'Angleterre.

En *Hongrie*, la production d'or métallique a été, en 1878 et 1890 :

| | 1890 | | 1878 | |
|---|---|---|---|---|
| Zalathna | 1 495 | kilog. | 1 241 | kilog. |
| Nagybanya | 426 | — | 337 | — |
| Besterczebanya ou Neusohl (Schemnitz) | 189 | — | 223 | — |
| Budapest | 19 | — | » | — |
| Oravicza | » | — | 2 | — |
| | 2 131 | kilog. | 1 803 | kilog. |

De 1493 à 1875, on estime que la Hongrie a produit 160 millions d'or ; de 1875 à 1893, environ 100 millions : soit, en tout, 260 millions,

L'*Autriche* produit, en outre, quelques kilogrammes d'or :

En *Bohême*, il existe deux mines : l'une à Eule (district de Prague[1]) ; l'autre à Schönberg (district de Kuttenberg). La seconde, seule exploitée en 1891, a produit 22 tonnes de quartz aurifère et 5$^{kg}$,460 d'or et schlichs aurifères.

Dans la province de Salzburg, on a exploité les mines du Rathausberg à Böckstein (12$^{kg}$,757 d'or), et de Schnellgaden (Lungau).

En *Italie*, une certaine proportion d'or provient du Piémont, particulièrement des filons de Pestarena.

[1] Coll. *École des Mines*, 1696.

En 1890, le district de Turin a été seul à produire des minerais d'or : 8 296 tonnes à 62,87 francs la tonne, ayant occupé 505 ouvriers dans 21 mines. La production d'or métallique s'est décomposée ainsi :

| | |
|---|---|
| Pestarena (Macugnaga) (province de Novare). . . | 169kg,758 |
| Fomarco (Piedimulera) (province de Novare). . . | 26 601 |
| Casaleggio Boiro (province d'Alexandrie). . . . . | 10 000 |
| | 206kg,359 |

L'*Allemagne* produit une certaine quantité d'or, extraite, comme produit secondaire, de minerais de plomb et de cuivre. Cette quantité a varié de la manière suivante [1] :

| | |
|---|---|
| 1849 . . . . . | 2kg,600 |
| 1859 . . . . . | 22 000 |
| 1866 . . . . . | 115 000 |
| 1870 . . . . . | 68 000 |
| 1874 . . . . . | 400 000 |
| 1876 . . . . . | 281 300 |
| 1888 . . . . . | 110 000 |
| 1890 . . . . . | 127 000 |
| 1891 . . . . . | 100 000 |

Pour la Prusse (100 kilogrammes en 1891) l'or vient, surtout, du Harz (Clausthal); puis un peu de la Silésie. En 1890, les mines du district de Clausthal ont produit 151 tonnes de minerais d'or préparés, valant 68 000 francs; les usines du même district, 120 kilogrammes d'or valant 420 000 fr.; les mines des districts de Breslau et Halle, 7kg,50. En 1859, Guttler a essayé de traiter, à Goldberg et Lowenberg, dans la basse Silésie, des sables aurifères, qui avaient été l'objet de travaux vers le IXe siècle.

Il faut ajouter que les alluvions du Rhin contiennent une certaine proportion d'or [2], en particulier entre Coire et Mayenfeld, et surtout entre Bâle et Mannheim. Il y a eu longtemps des orpailleurs près d'Istein et de Nieffern, sur la rive gauche; de Petit-Kembs et Rheinwiller, sur la rive droite. En 1846, M. Daubrée

[1] Les chiffres, jusqu'en 1876, d'après Sœtbeer; ceux postérieurs, d'après la statistique française.

[2] Voir plus loin page 973.

estimait encore la production annuelle à environ 45 000 francs.

Pour l'Allemagne, la statistique française mentionne, de plus, en 1891, 778 kilogrammes d'or en Saxe et 2 198 kilogrammes dans les autres pays allemands. D'après la statistique saxonne[1], nous ne trouvons, comme production des mines de Freiberg en 1891, que 0,$^{kg}$2860 d'or ; mais la production des usines fiscales de Freiberg porte 949 kilogrammes d'or, sans indication de la provenance des minerais. Quant aux 2 198 kilogrammes de la statistique française, ils ont été tirés de la statistique officielle de l'empire allemand en retranchant, du chiffre donné en bloc pour tout l'empire, la production de la Prusse et de la Saxe. Il s'agit évidemment d'or retiré de minerais étrangers, en particulier dans les grandes usines de Hambourg.

En *Angleterre*, on extrait de l'or du pays de Galles, notamment de la mine de Clogau (3 360 onces en 1862 ; 697 en 1878 ; 477 en 1877). Les filons d'étain du Cornwall en renferment également un peu, ainsi que certaines alluvions en Irlande.

## MINERAIS ET GISEMENTS D'OR

**Minerais.** — L'or est très souvent exploité *à l'état natif;* il est alors, en général, plus ou moins mêlé d'argent (l'électrum, ou or argental, arrive à tenir plus de 20 p. 100 d'argent).

Quant à ses combinaisons minéralogiques bien définies, elles sont fort peu nombreuses et se composent surtout de tellurures ou de combinaisons de tellure, antimoine, arsenic. Nous citerons, comme tellurures[2] : la Calavérite, $Au\,Te^4$ (40,6 p. 100 d'or); la Sylvanite $[Au, Ag]^2\,Te^3$, (24,8 à 30 p. 100 d'or) ; la Krennérite (25 à 29 p. 100) ; la Nagyagite $(Pb, Au)^2\,(Te, S, Sb)^3$, (5,8 à 12,7) ; la Petzite ; la Coloradorite, etc.

Mais la pratique industrielle semble montrer, en outre, que l'or existe combiné, dans certains cas, soit avec la silice, soit avec des sulfures ou sulfoarséniures de fer. Tout au moins, l'or, contenu

[1] Jahrb. für das B. u. H. im König. Sachsen. auf 1892, p. 75 et 181.

[2] Voir le détail de ces minerais, plus loin, page 912.

dans diverses gangues, offre-t-il une résistance toute particulière à l'amalgamation. C'est dans cet ordre d'idées que nous distinguerons plusieurs catégories de minerais :

1° L'or peut être, à l'état libre, isolable (après broyage ou même immédiatement) par un simple lavage à la battée ou au sluice sans addition de mercure. C'est le cas habituel de l'or alluvionnaire et de celui des filons de quartz aurifère dans leurs parties hautes. Dans ce quartz, il peut, d'ailleurs, être, soit visible à l'œil nu, soit invisible et disposé sous forme de feuillets extrêmement minces, arrivant, comme cas extrême, à l'état dit float-gold (or flottant), sous lequel il est extrêmement difficile de retenir l'or par un moyen mécanique.

2° L'or peut entrer dans des minerais simples, d'où on le retire aisément par l'amalgamation. C'est ce qui arrive souvent pour la plus grande partie de l'or contenu dans les pyrites des quartz aurifères. Il est alors extrait, sans peine, par le travail ordinaire des moulins à or et dit : free milling ore. Les minerais auro-argentifères de cette catégorie sont soumis : au Mexique, au procédé du *Patio;* aux Etats-Unis, au *Pan* ou *Washœ process.*

3° Il arrive aussi que l'or des parties profondes des filons ne soit pas amalgamable et passe aux résidus (tailings), sous forme de sulfures, sulfo-antimoniures, arséniures, tellurures, que l'on soumet à une concentration au Frue Vanner. Ces minerais sont dits *rebellious* ou *refractory ores.*

Une fois *concentrés*, ils doivent être alors traités : soit par fonte plombeuse ou cuivreuse, lorsque des minerais plombeux ou cuivreux existent dans le pays ; soit par un procédé chimique, tel que le procédé Plattner (inapplicable aux minerais argentifères), où l'on attaque l'or par le chlore après grillage préalable, puis dissout le chlorure dans l'eau et le précipite au protosulfate de fer ; ou encore par les procédés Mears, Thies-Pollock, Newberry-Vautin, Patera, Russel, etc. Depuis quelques années, les méthodes de lixiviation, ou leaching process, tendent à se développer, de plus en plus, en Amérique, pour les minerais auro-argentifères rebelles.

Un procédé analogue doit être appliqué à certains quartz aurifères, tels que ceux de Mount-Morgan (Queensland), pour lesquels

a été inventée la méthode Newberry-Vautin; tous les systèmes habituels ayant échoué.

Enfin, 4° tous les minerais d'or ou d'argent, où ces métaux existent en petites proportions, en présence d'un excès de minerais bas et surtout, ce qui est fréquent, d'arsenic ou d'antimoine, présentent des difficultés de traitement toutes particulières, telles souvent qu'on a dû renoncer à les exploiter.

5° Les tellurures d'or, dont nous avons cité plus haut les espèces minéralogiques, forment une catégorie de minerais tout à fait à part, que l'on traite généralement, après les avoir concentrés, par mélange avec d'autres minerais aurifères.

**Gisements.** — Quant aux *gisements* de l'or, ils sont fort nombreux, beaucoup plus que la rareté de la substance elle-même ne pourrait le laisser supposer ; mais c'est cette rareté même qui, en faisant attribuer à l'or une valeur considérable, a conduit à le rechercher avec un soin extrême et à considérer comme pratiquement exploitables des mines où la présence de tout autre corps ne serait même pas mentionnée. On s'en rendra compte aisément par les limites d'exploitabilité que nous donnerons plus loin. Cette grande valeur de l'or a, d'autre part, pour conséquence de rendre très difficile l'appréciation d'un gisement par des prises d'essai et des analyses chimiques, la moindre irrégularité dans la teneur du gîte pouvant amener des variations considérables.

Nous indiquerons, dès à présent, comme loi générale, que presque tous les gisements d'or, aussi bien filoniens que sédimentaires, s'appauvrissent en profondeur, en même temps que l'or s'y trouve incorporé dans des combinaisons complexes plus difficiles à traiter[1].

Cet appauvrissement est bien marqué par les chiffres suivants :

En Australie, on a eu, dans un filon :

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Jusqu'à | 100 mètres. . . . . | 50 | grammes d'or à la tonne. | |
| à | 110 — . . . . . | 30 | — | — |
| — | 160 — . . . . . | 25 | — | — |
| — | 180 — . . . . . | 15 | — | — |

Au-dessous de 10 grammes, on ne travaille plus.

[1] Il ne paraît pas exact, au contraire, comme l'ont volontiers supposé les partisans de la théorie *per descensum*, que les filons cessent tous complètement à une profondeur plus ou moins grande.

A Berezowsk (Oural), les résultats ont été :

| | | |
|---|---|---|
| A la surface . . . . . | 75 | grammes. |
| 40 mètres . . . . . | 8 à 9 | — |

Dans l'Uruguay, les filons contenaient :

| | | |
|---|---|---|
| A la surface . . . . . | 100 | grammes. |
| 50 mètres . . . . . | traces | |

Le fait peut tenir, dans certains cas, à ce que de nombreux gisements se présentent sous forme de fissures de retrait irrégulières et discontinues, de veines éparpillées dans des schistes, etc... Mais la principale raison paraît être dans les *phénomènes d'altération secondaire*, qui, tous, ont eu pour résultat d'opérer une concentration progressive de l'or au voisinage des affleurements.

Le premier de ces phénomènes, c'est la décomposition des pyrites aurifères, leur transformation en oxydes et souvent leur dissolution complète, tandis que l'or, primitivement emprisonné dans ces sulfures, s'isolait, à l'état natif, dans les vides laissés au milieu du quartz et, — sans doute, par une action de dissolution chimique suivie d'une reprécipitation sur place, — y formait souvent des cristaux assez volumineux.

La destruction de ces affleurements par les cours d'eau a eu pour effet de produire, par préparation mécanique, un second degré plus parfait de concentration, qu'on exploite dans les couches inférieures des placers. A la préparation mécanique des éléments primitifs du filon a dû s'ajouter, là encore, une action dissolvante, qui a pu *nourrir* certains cristaux, certaines pépites qu'on trouve non roulées et en accroître progressivement le volume.

L'industrie de l'homme, en reprenant, à son tour, ces alluvions aurifères et les traitant dans les *sluices*, ne fait que poursuivre, d'après le même principe, ces opérations de la nature et, souvent, il a été précédé par le travail des cours d'eau récents qui ont déplacé et concentré les alluvions anciennes.

Toutes ces causes expliquent comment, lorsqu'on arrive dans un pays aurifère nouveau, on est tout d'abord attiré par les alluvions modernes, puis anciennes ; d'où, à mesure qu'elles s'épuisent — ce qui ne demande généralement qu'un temps restreint — on

remonte aux filons primitifs, pour lesquels les premiers résultats brillants sont presque toujours suivis de déboires croissants. L'or, à toutes les époques, est venu des confins de la civilisation. Le monde antique a pu vivre ainsi sur les mines d'or d'Europe et d'une faible partie de l'Asie et de l'Afrique dont, malgré la perfection plus grande de nos procédés, nous n'arrivons plus à tirer que des produits insignifiants. C'est seulement avec les découvertes faites dans les continents nouveaux, l'Amérique, l'Océanie, l'Afrique du Sud, que le XIX^e^ siècle a considérablement accru le stock d'or utilisable.

Dans un nombre d'années relativement restreint, quand la terre aura été entièrement explorée et occupée par l'homme, on doit prévoir que la production de l'or ira en diminuant très vite et tendra, peu à peu, vers zéro.

**Age de l'Or.** — L'âge des venues aurifères est très variable[1]. Pendant longtemps, on a cru, d'après une théorie chère à Murchison, que ce métal n'existait en quantités notables que dans les terrains paléozoïques. L'étude des gisements de Californie, du Colorado, du Nevada, de Hongrie, etc..., montre qu'à cette venue ancienne, prédévonienne, il faut, tout au moins, ajouter une venue récente, tertiaire ; mais, en réalité, le phénomène est plus complexe et, comme pour les autres métaux, il semble bien qu'à la faveur de chacun des plissements de l'écorce terrestre, un peu d'or se soit élevé vers les couches superficielles[2].

Dans le terrain primitif (venue huronienne), nous trouverons un certain nombre de dépôts interstratifiés des Alleghany (Caroline, Géorgie, etc...) et des Blackhills, peut-être aussi de Sibérie.

Au terrain primitif ou primaire, on peut rapporter les itacolumites aurifères du Brésil et, d'après Selwyn, des roches analogues de la Nouvelle-Ecosse.

Après l'époque silurienne, nous semblons avoir à constater une

[1] Nous ajouterons que, comme celui des autres métaux, il est, le plus souvent, mal déterminé. A ce point de vue, il importe de noter que, dans les livres anglais ou allemands, par suite de la théorie à la mode de la sécrétion latérale, on attribue souvent, à l'or des filons, l'âge du terrain encaissant, ce qui est absolument contraire à nos idées.

[2] Nous renvoyons à ce que nous avons dit (page 763, note 1), sur la concentration de l'or dans les parties profondes du globe, attribuable à sa forte densité.

formation aurifère assez générale (venue calédonienne) caractérisée : par les filons et filons-couches (certainement antéhouillers, mais peut-être, en bien des points, post-dévoniens), qui traversent le silurien d'Australie; par les filons du Merionetshire (Pays de Galles) encaissés dans le même terrain; les filons de Bömmelö, sur la côte de Norvège; par les poudingues dévoniens aurifères du Transvaal, etc. La plus grande partie de l'or de Sibérie semble, de même, dériver de filons encaissés dans le silurien.

Plus tard, nous trouvons, il est vrai, de l'or dans le carbonifère de la Nouvelle-Zélande, de la Nouvelle-Ecosse, du Nouveau-Brunswick, dans le permien de l'Inde, dans le jurassique du Queensland, etc..., mais toujours à l'état détritique et rien ne prouve qu'il y ait eu réellement des venues d'or à ces époques. Au contraire, avec le crétacé recommencent des formations de filons aurifères qui se sont continuées pendant toute la période tertiaire.

C'est ainsi que, dans le Nord des Blackhills du Dakota, l'or est contenu dans des trachytes que le professeur Newton rattache à la fin du crétacé. Il en est de même, d'après Whitney, pour une grande partie de l'or de Californie. L'or de Hongrie est d'âge tertiaire, etc. En Australie également, la présence de l'or tertiaire est prouvée par son association, en certains points, en particulier à Otago (Nouvelle-Zélande), avec des trachytes.

Dans la description géologique qui va suivre, nous considérerons successivement, d'après l'ordre généralement adopté : A, l'or dans les roches; B, l'or filonien; C, l'or sédimentaire.

**A. Or dans les roches.** — L'or exploitable dans les roches est à peu près inconnu ; cependant, sa présence a été constatée dans trois séries de roches, minéralogiquement très distinctes :

1° On le trouve dans des roches acides comparables aux granulites stannifères[1], telles que les bérézites de l'Oural, formées de quartz et de mica blanc, avec pyrite abondante; les granulites de l'Amérique du Sud, et peut-être la granulite des Blackhills, dans le Dakota, où il s'est isolé en stockwerks;

2° On le connaît dans des roches éruptives tertiaires (comme les

[1] Nous avons eu déjà à insister plusieurs fois sur le rapprochement géologique de l'or et de l'étain.

trachytes d'Abrud Banya et de Vöröspatak, en Transylvanie), au milieu desquelles des fissures réticulées se sont, d'ailleurs, remplies de quartz aurifère; il en existe, de même, des traces dans les andésites amphiboliques voisines du filon argentifère et aurifère du Comstock. Au Mexique, dans l'Etat de Guerrero, à l'Ouest de la la Sierra Madre (prolongement Sud des Montagnes Rocheuses), on a signalé, dans un trachyte altéré par des émanations hydrothermales, une poussière ocreuse d'or précipité chimiquement, etc.

Quelle que soit d'ailleurs la théorie générale adoptée, celle d'un départ des métaux du bain rocheux encore fondu sous forme d'émanations hydrothermales, ou celle d'une sécrétion postérieure, il est tout naturel que la roche mère en conserve des traces;

3° Certaines roches vertes magnésiennes, diorites, serpentines, etc., sont, à l'occasion, aurifères. On peut citer, par exemple, les diorites de Sibérie, qui passent pour avoir fourni l'or alluvionnaire de l'Obi, les serpentines de la Sierra Nevada (Espagne), de l'île Saint-Domingue, du Piémont, etc.

Dans la plupart de ces roches, l'or semble accompagner des sulfures divers, en particulier le sulfure de fer, de même que nous le constaterons pour les filons. Les bérézites de l'Oural sont chargées de pyrites, tout aussi bien que les diorites ou serpentines auprès desquelles on trouve souvent des gîtes de pyrite de fer ou de cuivre.

**B. Or filonien.** — Quand l'or n'est pas inclus dans les roches, il s'isole, à une certaine distance, en filons, tout en conservant, le plus souvent, une relation plus ou moins immédiate avec la *roche mère*.

C'est ainsi qu'au voisinage d'un granite récent nous trouvons tous les grands filons aurifères de Californie, qui suivent, dans l'ensemble, la ligne de contact de ce granite avec les terrains qu'il a métamorphisés. Il en serait de même, d'après David Forbes [1], pour une partie des filons aurifères de l'Amérique du Sud, le reste

[1] David Forbes. On the geological epochs at which gold has made its appearence, etc. (*Geol. magaz.*, t. III, p. 385.)
Id. On the existence of gold bearing eruptive rocks in South America. (*Geol. magaz.*, t. III, p. 22.)
Cf. Lock, loc. cit., p. 835.

de ces filons étant, au contraire, en rapport avec des diorites. Non seulement, dans cette région, les filons aurifères suivent souvent le granite ; mais le granite lui-même, en plusieurs points du Chili, du Brésil, etc., contient des traces d'or, qui apparaissent surtout lorsqu'il se décompose, or associé avec de la cassitérite, de la pyrite de cuivre et des composés du bismuth, du tellure, du sélénium, etc.

Le même fait existe, d'après Lock, dans le Canada, pour les mines de Jackfish et de Pastridge lake.

Le rapprochement entre les filons d'or et les roches de la famille trachytique est encore plus net en bien des points, en particulier en Hongrie, au Comstock, dans le Nevada, etc. A Upper Cape (Queensland), on a signalé un trachyte pyriteux tenant jusqu'à 18gr,60 d'or à la tonne. De même, dans la Nouvelle-Zélande, la plupart des filons d'Otago sont encaissés dans le trachyte.

Aux diorites, il faudrait, d'après Forbes, rattacher les filons d'or les plus récents (crétacés) de l'Amérique du Sud ; d'après Wilkinson, Ulrich, etc., un grand nombre de ceux de l'Australie. A Gympie, l'association de l'or et de la diorite est manifeste. A Swift's Creck (Victoria), un filon aurifère suit le contact de la diorite et des schistes métamorphiques. Il en est de même au Venezuela, dans le Turkestan, etc.

En considérant la *nature du remplissage*, nous distinguerons quatre catégories de gîtes filoniens :

1° L'or peut se trouver dans une *gangue quartzeuse, sans minerais sulfurés complexes;* c'est ce qui arrive, presque toujours, dans les parties hautes et altérées de gisements, où, plus profondément, on trouve l'or engagé dans les sulfures. Cependant, il paraît exister des cas où l'or, peut-être en dissolution chlorurée ou fluorée, a cristallisé directement avec la silice, — exceptionnellement même, à un état de combinaison avec celle-ci, qui rend difficile son extraction. — Dans tous les cas, le quartz des filons aurifères présente un aspect spécial, qui ne permet de le confondre avec aucun autre, si ce n'est avec un quartz stannifère, l'étain et l'or paraissant avoir de grandes analogies comme mode de formation[1].

[1] Il existe des traces d'or dans beaucoup de gisements d'étain, surtout dans les alluvions stannifères. C'est ainsi que le Plateau Central contient un grand nombre de

Le quartz aurifère est peu transparent, rarement cristallisé, rarement cristallin, plutôt se rapprochant du quartz hyalin; il est souvent teinté de bleu dans les parties profondes, de rose dans les parties hautes. Les quartz calcédonieux et laiteux sont, presque toujours, stériles. De plus, le quartz, qui contient de l'or, est, en général, corrodé, percé de trous et de cavités correspondant à d'anciens cristaux de pyrite dissous, souvent traversé de veinules ocreuses; à ce point de vue, le quartz du grand filon californien, le mother lode, est bien typique.

Lorsqu'on étudie en détail un quartz aurifère, comme l'a fait le professeur Poszepny pour certains quartz des Hohen Tauern, il est parfois possible de distinguer, au milieu d'une masse quartzeuse, stérile, un système de veines réticulées d'une teinte un peu différente, correspondant, sans doute, à une fissuration de la silice gélatineuse et où l'or s'est concentré avec de la pyrite.

Dans les quartz aurifères, une partie de l'or échappe souvent à l'amalgamation et a été considérée, par suite, comme combinée à l'état d'aurosilicate.

Comme filons de quartz aurifère, où la pyrite n'existait qu'accidentellement, nous citerons le Callao au Venezuela, Mount Morgan en Australie, etc.

Mais on passe par transitions insensibles de ce cas simple à celui où l'or est accompagné de sulfure de fer. C'est ce qui arrive pour les quartz, probablement anciens, de Berezowsk, dans l'Oural, de Pestarena (Piémont), du pays de Galles, d'Eiswold en Norvège, de Tacuarembo dans l'Uruguay, de Panama, etc.[1]; pour ceux, certainement antéhouillers, d'Australie; pour les quartz, au contraire, récents, de Californie, du Mexique, du Chili, du Pérou, de Transylvanie. Tous ces gisements se présentent dans des conditions tellement analogues qu'une même description pourrait presque convenir à tous.

2° Les filons, où l'on exploite l'or, peuvent renfermer des *sulfures*

lieux-dits, nommés l'Aurière, dans une région où l'on a signalé maintes fois de l'étain. Les mispickels des gîtes d'étain de la même région contiennent fréquemment des traces d'or. Nous venons de signaler une association analogue dans l'Amérique du Sud.

[1] Ces deux derniers sont encaissés dans des terrains anciens, mais leur âge n'est nullement déterminé.

*complexes*, en particulier des minerais de cuivre, de plomb ou d'argent.

C'est ainsi que, fréquemment, des gisements de pyrite de fer cuivreuse ou de chalcopyrite contiennent des traces d'or. Nous nous contenterons de rappeler qu'il en existe un peu dans des amas de Tharsis (province d'Huelva [1]), de Fahlun, en Suède [2] (où d'ailleurs l'or s'est isolé à l'état libre), etc. Les chalcopyrites de Kritz, dans les Alpes Styriennes, d'Utica, de Boulder et de Gilpin, au Colorado, ont pu devenir assez riches pour être considérées comme de véritables gisements d'or. C'est également d'associations cuivreuses qu'on extrait l'or dans l'Arizona.

De même, les cuivres gris, si fréquemment argentifères, sont parfois aurifères (par exemple aux filons inexploités de Guejar, dans l'Andalousie).

Les galènes aurifères sont plus rares ; nous mentionnerons, cependant, celles de l'Arizona.

Quant à l'association de l'or et de l'argent, elle est fréquente ; le Comstock est, tout aussi bien, une mine d'or qu'une mine d'argent ; la mine Eureka (Nevada), de même. Par contre, l'or extrait d'un gisement quelconque est, le plus souvent, argentifère.

Dans tous ces cas, l'on concentre d'abord l'or dans une opération métallurgique, qui a pour but essentiel le traitement d'un autre métal et on ne l'extrait qu'à la fin.

3° L'association du *mispickel avec l'or* forme, au contraire, un minerai qui n'a de valeur que par l'or contenu et qui est, en général, très rebelle au traitement métallurgique. On exploite cependant des mispickels aurifères au Brésil (Passagem, Faria), au Honduras, à Santa-Cruz, etc., mais en perdant une forte proportion de l'or dans les résidus ; une tentative d'exploitation sur des minerais de ce genre a été faite, tout récemment, en France à Bonnac (Cantal) et près de Pontgibaud (Puy-de-Dôme).

Au point de vue industriel, on peut rapprocher des minerais arsenicaux, les *minerais antimonieux*, tels que certains cuivres gris

[1] Voir page 302.

[2] Cet or est associé avec un séléniosulfure de bismuth et de plomb caractéristique. Nous renvoyons, à ce sujet, à la description que nous avons donnée, page 286.

et, parmi les pyrites aurifères, celles qui retiennent l'or à l'état non amalgamable et forment les *concentrated* américains. La proportion de ces dernières est parfois très forte, ainsi à Boitza (Hongrie).

4° Nous étudierons un certain nombre de filons, où l'or et l'argent existent associés à des minerais tellurés plus ou moins complexes dans une gangue généralement quartzeuse, en particulier ceux du comté de Boulder au Colorado et d'Offenbanya et Nagyag, en Transylvanie.

Des tellurures analogues ont été signalés en Hongrie (Rezbanya); en Sibérie, dans l'Altaï (mine Sawodinskoi) ; en Californie (mines Stanislaus et Mellones, comté de Calaveras; mine Golden Rule, comté de Tuolumne); au Mexique; au Chili; etc. Les filons tellurés ont généralement une gangue quartzeuse et contiennent fréquemment de la pyrite. Le minerai n'est pas amalgamable et doit passer à un traitement complexe.

La *limite d'exploitabilité* d'un filon aurifère dépend, tout naturellement, de la composition du minerai. Si nous nous bornons au cas des quartz aurifères à or libre (free milling ore), on peut résumer les conditions d'exploitation dans un tableau ci-joint (p. 894-895), que nous empruntons, d'après M. Babinski, à M. Hamilton Smith [1].

Suivant les régions, on peut descendre à une teneur très variable. Dans les Alpes, on a travaillé jusqu'à 8 grammes d'or à la tonne (27 francs). A Pestarena (Piémont), on couvre les frais avec 15 grammes (51 francs), en ayant une forte proportion de travaux de recherches. En Transylvanie, on admettait autrefois 20 grammes; depuis l'introduction des moulins américains, on arrive même à 10 grammes.

Dans les grands stockwerks, on descend encore plus bas : jusqu'à 7 grammes aux Blackhills. Au contraire, si nous prenons des pays à main-d'œuvre un peu coûteuse, nous trouvons environ 30 francs d'or dans l'ensemble des Etats-Unis, 17 à Homestake (Dakota). Au Callao (Venezuela), les conditions, spécialement difficiles, ne permettent guère de travailler au-dessous de 70 francs d'or, et longtemps il en a fallu 100 ; dans l'Uruguay, on admettait un

[1] *Bull. Ecole des Mines*, 1885.

## TABLEAU COMPARATIF DES CONDITIONS D'EXTRACTION ET DE TRAITEMENT DES QUARTZ AURIFÈRES A OR LIBRE

| NOMS DES PAYS ET DES MINES | ANNÉES | NOMBRE de tonnes traitées | PAR TONNE — PRIX DE REVIENT EN FRANCS | | RENDEMENT en francs | BÉNÉFICE en francs | OBSERVATIONS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Etats-Unis (Californie)* | | | | | | | |
| Sierra-Buttes | 1885 | 49 412 | Extraction<br>Traitement<br>Frais généraux<br>Total | 21,11<br>2,91<br>6,29<br>30,31 | 36,29 | 5,98 | Ces deux mines sont situées à 56 kilom. du chemin de fer Central Pacific. Le gîte a une puissance moyenne de 2m,40. Le salaire moyen des mineurs est de 13 francs par jour. Le bois est abondant. L'usine de Sierra Butes est mue par un moteur hydraulique, celle de Plumas Eureka possède un moteur hydraulique et un moteur à vapeur. |
| Plumas-Eureka | 1885 | 50 839 | Extraction<br>Traitement<br>Frais généraux<br>Total | 22,67<br>3,17<br>3,12<br>28,96 | 39,52 | 10,56 | |
| *Dakota* | | | | | | | |
| | 1882-1883 | 162 420 | Extraction<br>Traitement<br>Roulage<br>Frais généraux<br>Total | 13,21<br>6,08<br>0,47<br>1,20<br>20,96 | 34,32 | 13,36 | Ces trois mines sont situées, dans le voisinage de la ville de Deadwood, à 400 kilomètres du chemin de fer Union pacific. Bientôt la voie ferrée ira jusqu'à Deadwood : ce qui améliorera les conditions de transport. Le gîte a une puissance allant de 4m,50 à 21 mètres et parfois au delà. Le salaire moyen des mineurs varie de 13 francs à 15 fr.60 par jour. Le bois se trouve à une distance moyenne de 24 à 32 kilomètres des exploitations et est amené à pied d'œuvre par un petit chemin de fer spécial. L'eau est assez chère : 100 francs par semaine et par batterie de 5 pilons. On n'a jamais atteint de prix de revient plus bas qu'ici. Le puits le plus profond atteint 150 mètres. L'extraction, l'épuisement et le broyage se font à la vapeur. |
| Homestake | 1883-1884 | 173 095 | Extraction<br>Traitement<br>Roulage<br>Frais généraux<br>Total | 14,06<br>6,30<br>0,42<br>0,99<br>21,79 | 30,99 | 9,20 | |
| | 1884-1885 | 193 633 | Extraction<br>Traitement<br>Roulage<br>Frais généraux<br>Total | 10,60<br>5,25<br>0,26<br>0,78<br>16,89 | 29,79 | 12,90 | |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Traitement | [illegible] | | | vière de l'Orénoque. Les frais de transport varient de 0fr.45 à 0fr.80 par kilogramme. La main-d'œuvre, assez défectueuse, est importée des Antilles. Les salaires varient de 10 à 16 francs par jour suivant les spécialités. Le bois est en abondance dans le voisinage des mines; cependant, à cause des frais de main-d'œuvre, il revient encore de 40 à 50 francs la tonne. L'introduction, au Callao, d'un matériel d'usine perfectionné et l'augmentation de la production y tiennent le prix de revient au-dessous de 100 francs par tonne. La plus grande profondeur atteinte au Callao est de 212 mètres. La puissance moyenne du gîte est de 1m,50. Le débit d'eau de la mine ne dépasse pas 950 mètres cubes par minute. A New-Potosi, le gîte a 1m,25 de puissance moyenne. L'usine est de construction ancienne. La mine ne donne que fort peu d'eau. |
| | | | Traitement, pyrites et divers | 14,04 | | | |
| | | | Fournitures | 10,03 | | | |
| | 1882 | 20 221 | Frais généraux | 30,11 | 454,68 | 218,92 | |
| | | | Administration à Bolivar | 25,06 | | | |
| | | | Total | 235,76 | | | |
| | | | Prix de revient | 201,39 | | | |
| | 1883 | 21 768 | Administration à Bolivar | 29,12 | 524,78 | 294,27 | |
| | | | Total | 230,51 | | | |
| | | | Extraction | 95,00 | | | |
| | | | Traitement | 37,70 | | | |
| | | | Travaux neufs | 14,46 | | | |
| Callao | 1884 | 28 353 | Frais généraux | 7,33 | 553,95 | 371,07 | |
| | | | Administration à Bolivar | 28,39 | | | |
| | | | Total | 182,88 | | | |
| | | | Extraction | 62,55 | | | |
| | | | Traitement | 25,90 | | | |
| | | | Travaux neufs | 11,75 | | | |
| | 1885 | 42 509 | Frais généraux | 5,77 | 233,01 | 118,82 | |
| | | | Administration à Bolivar | 8,22 | | | |
| | | | Total | 114,19 | | | |
| | | | Extraction | 61,80 | | | |
| | | | Traitement | 20,58 | | | |
| | 1er semestre 1886 | 32 383 | Travaux neufs | 3,14 | 275,00 | » | |
| | | | Frais généraux | 3,10 | | | |
| | | | Total | 88,62 non | | | |
| New-Potosi | Onze derniers mois de 1884 | » | compris les frais d'administration à Bolivar | 244,19 | 110,55 | 133,64 | |
| *Australie* | | | | | | | |
| Compagnies Port-Philip | de 1857 à 1877 | 969 252 | Prix de revient moyen | 29,74 | 38,37 | 8,63 | Puissance des gîtes : 0m,60 à 9 mètres. Main-d'œuvre et bois moins chers qu'au Dakota. Plus grande profondeur : 386 mètres. 80 p. 100 de l'or est recueilli dans les mortiers et les plaques. 10 p. 100 sur les couvertures, 10 p. 100 dans les pyrites. |
| Compagnie de Clunes | 1875-1881 | 350 348 | Prix de revient moyen | 23,24 | 28,91 | 5,67 | |

minimum de 70 francs. Un tableau détaillé, donné plus loin pour l'Australie[1], montre que l'on y travaille même sur des teneurs de moins de 10 grammes.

Mais ce qu'il importe de ne pas oublier, lorsqu'on se fonde sur ces chiffres pour l'appréciation d'un gisement nouveau, c'est qu'il s'agit là de teneurs, réellement moyennes, obtenues sur l'ensemble de l'exploitation d'une année et beaucoup plus basses, en général, que celles données par les prises d'essai préalables.

C. **Or sédimentaire.** — L'or sédimentaire peut résulter, soit du remaniement de gîtes antérieurs et de la concentration des minerais (analogue, par exemple, à celle qui se produit pour la cassitérite) ; soit de la précipitation directe d'une dissolution aurifère dans les eaux d'un bassin ; nous discuterons ultérieurement[2] ces deux hypothèses et nous signalerons alors les caractères généraux de ce genre de gîtes. Il nous suffira d'indiquer, dès à présent, que nous décrirons, dans cette catégorie, les amas aurifères huroniens des Alleghany et des Blackhills (Dakota), les conglomérats dévoniens du Transvaal, les alluvions aurifères de Californie, d'Australie, de France, de la vallée du Rhin, de la haute Italie, d'Espagne, de Russie et de Sibérie, de l'Inde, d'Afrique, etc.

## 1° GISEMENTS D'OR FILONIENS

### FILONS AURIFÈRES DU VENEZUELA (EL CALLAO)[3]

La présence de l'or dans l'isthme de Panama, l'isthme de Darien, le Venezuela et les Guyanes, sur tout le pourtour Nord de l'Amérique du Sud, a été très anciennement, mais aussi, longtemps, très vaguement connue. Aussi, chacun de ces pays, à mesure que l'industrie moderne y a créé des exploitations, a-t-il pu revendiquer l'honneur d'être l'Eldorado fabuleux de Walter Raleigh. Presque partout, jusqu'ici, les travaux se sont attaqués à des alluvions ;

[1] Page 915.
[2] Page 949.
[3] Coll. *École des Mines*, 1651. Voir la carte de l'Amérique du Sud, fig. 376, p. 843.

cependant, au Venezuela, de très importantes mines, celles du Callao, portent sur des filons aurifères; dans les Guyanes, nous aurons également quelques travaux de filons à mentionner : ce qui est relatif aux alluvions devant être réservé pour une autre partie[1].

Au Venezuela, l'or a été découvert, en 1849, par le Dr Passard dans le lit de la rivière Yuruari. Malgré les difficultés inhérentes à un pays pen connu, malsain et couvert de forêts, l'industrie de

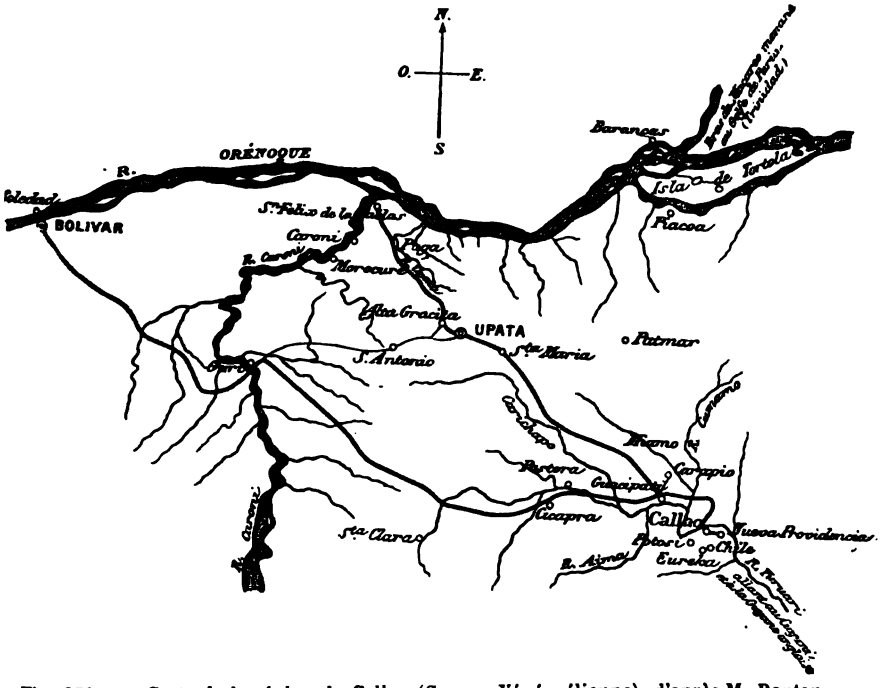



Fig. 379. — Carte de la région du Callao (Guyane Vénézuélienne), d'après M. Boutan. Echelle au $\frac{1}{2.000.000}$.

l'or (qui est, du reste, à peu près la seule du pays) s'est beaucoup développée dans ces vingt dernières années; mais les frais sont tels que, jusqu'ici, une seule mine, celle du Callao, a pu donner des dividendes à ses actionnaires. Depuis 1887, ce pays subit, du reste, une crise, en particulier motivée par le désir qu'a manifesté l'Angleterre de s'en emparer et l'état d'insécurité qui en résulte est peu favorable au développement de l'industrie.

[1] Voir page 986.

Ces mines du *Callao* sont situées, au Sud de l'Orénoque et à l'Est de Bolivar, sur la rive droite du Yuruari (affluent du Rio Cuyuni), près de Guacipati et de Nueva-Providencia (fig. 379).

On y exploite un filon principal de quartz aurifère.

Ce filon présente, aux affleurements, la forme d'un arc de cercle dont la corde est sensiblement N.-S. (fig. 380). En profondeur,

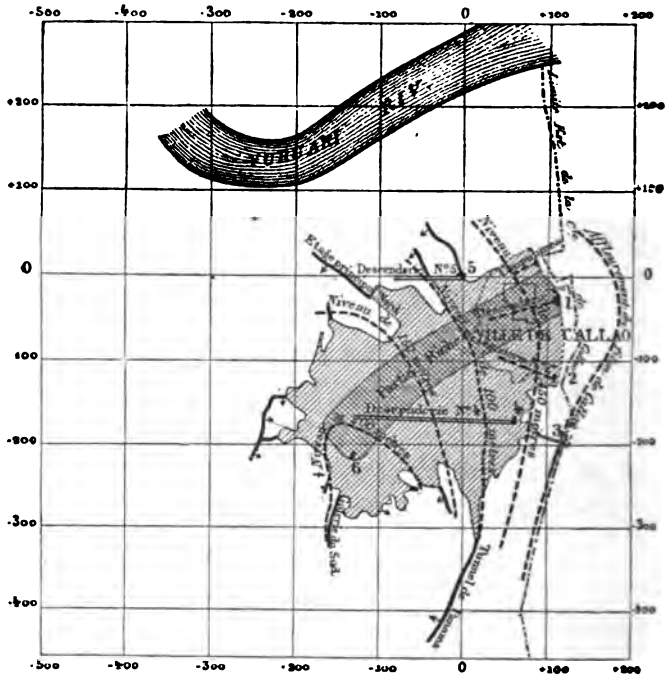



Fig. 380. — Plan horizontal de la mine du Callao en juillet 1887.
Echelle au $\frac{1}{9.000}$.

il se dévie légèrement vers l'Ouest et forme, dans son ensemble, une surface gauche.

Son inclinaison est dirigée vers l'Ouest et varie en profondeur. Son pendage moyen est sensiblement de 42°, c'est-à-dire assez faible.

La roche encaissante est une roche bleuâtre, feldspathique, à éléments fins, uniforme de couleur, souvent schisteuse au voisinage du filon, semblant, d'après les descriptions (assez vagues), se rapprocher des amphibolites du terrain primitif et que M. Cumenge

a rangée parmi les diorites. A la partie supérieure, elle se décompose, pour donner naissance à une sorte d'argile bleue, ou *cascao*, souvent mélangée au quartz dans les salbandes. La venue aurifère paraît postérieure à la formation du cascao. Aussi, les filons sont-ils très nets dans la diorite compacte, mais disséminés dans le cascao.

Le *remplissage du filon* est constitué par un quartz gras, presque toujours remarquable par sa blancheur, à cassure esquilleuse, qui se tache ou se rubane parfois de noir près des épontes et est alors considéré, surtout quand il est rubané, comme d'un bon augure.

Les *pyrites* sont peu abondantes, mais leur présence paraît en relation avec celle de l'or ; elles sont surtout visibles en mouches ou en cristaux près des épontes. On ne retire pas l'or qui peut y être contenu.

L'*or libre* est, soit invisible, soit en gros grains ou en taches (coarse gold) ; ces dernières peuvent piqueter la masse ou s'aligner suivant des bandes, tantôt parallèles aux épontes, tantôt épousant des fissures préexistantes (quoiqu'il n'y ait pas trace de géodes). La présence de l'or à l'état invisible fait qu'on sort à peu près tout le quartz contenu entre les deux épontes du filon.

Dans les morceaux provenant de l'abatage, on trouve souvent des grains d'or affectant une forme de champignons, ce qu'on a cru pouvoir attribuer à une sorte de rochage en dehors d'une roche saturée.

L'*épaisseur du filon*, reconnue jusqu'à 220 mètres de profondeur, varie dans d'assez fortes proportions, de $0^m,35$ à $2^m,50$ et 3 mètres. En moyenne, elle a été de $1^m,60$, c'est-à-dire qu'il y a là une fracture nette et importante. Jusqu'en 1884, la surface totale travaillée avait été de 37 564 mètres carrés ayant produit 161 000 tonnes de quartz.

La partie la plus riche du filon, presque exclusivement exploitée jusqu'en 1886 et, à ce moment, à peu près épuisée, est la partie centrale ; la *cheminée riche* a fourni, sur une longueur de 200 mètres et une profondeur analogue, un minerai dont la teneur a atteint jusqu'à 8 onces (250 grammes) par tonne.

A cet égard, on peut partager l'exploitation de la mine en quatre périodes.

| | NOMBRE DE TONNES | ONCES PAR TONNE |
|---|---|---|
| De 1871 à 1881 . . . . . | 91 046 | 3,50 |
| 1881 à 1883 (inclus) . . . . | 67 073 | 4,48 |
| 1884 . . . . . | 31 261 | 5,66 |
| 1885 . . . . . | 46 868 | 2,44 |
| Total . . . . . | 236 248 | (En 1887, l'once d'or valait 98,20) |

Pendant les six premiers mois de 1887, la production a été de 32 000 tonnes environ, avec une teneur de 1,1 once par tonne de quartz.

Cette diminution dans la teneur ne provient pas seulement d'un appauvrissement qui semble se produire en profondeur, mais surtout de ce que la direction des travaux a été d'abord dirigée, comme cela arrive trop souvent, en vue d'un rendement immédiat.

Autant que peuvent l'indiquer les derniers travaux, sur lesquels nous ayons des renseignements précis (1887), c'est au Nord et au N.-O. que le filon conserve sa régularité, sa puissance et la plus grande partie de sa teneur.

L'*exploitation* se fait au moyen de deux grandes tailles descendantes inclinées, en soutenant le toit, soit par des piliers en maçonnerie, soit surtout par des boisages.

*Prix de revient.* — Les frais d'extraction et de traitement de la tonne ont été les suivants [1] :

| | | |
|---|---|---|
| 1881 . . . . . | 161 | francs. |
| 1882 . . . . . | 210 | — |
| 1883 . . . . . | 201 | — |
| 1884 . . . . . | 154 | — |
| 1885 . . . . . | 106 | — |
| 6 premiers mois de 1887 . . . . . | 71 | — |

[1] Voir le détail, page 880. Nous avons également donné, à cet endroit, la production jusqu'en 1887; voir également page 895.

On est arrivé, en 1888, à pouvoir traiter, sans perte, des minerais rendant trois quarts d'once (23 grammes) à la tonne.

Ces frais comprennent l'abatage, l'extraction, le traitement, le convoyage de l'or et les frais généraux.

La main-d'œuvre est notamment très chère : en 1880, on payait 14 francs un manœuvre.

En dépit de ces frais très élevés, qu'on est, du reste, arrivé progressivement à réduire, la mine de Callao a eu un moment d'extraordinaire prospérité.

En 1884, les actions (au nombre de 32), émises en 1870 à environ 10 000 francs, valaient un million et chaque millième d'action (représentant, par suite, 1 000 francs), touchait 300 francs de dividende. Mais, depuis, une baisse notable s'est produite au début de 1887; à ce moment, il fallut arrêter la moitié des travaux par suite de l'appauvrissement du gîte en profondeur et, quoique cette mine soit encore la seule qui fasse ses frais au Venezuela, le 1/8000 d'action ne représente plus, au début de 1893, qu'une valeur de 16 à 17 francs[1].

On peut comparer aux filons du Callao un certain nombre de filons de la même région.

Celui de *Corinna* est plus à l'Est, sur le bord du Yuruari; il a $1^m,20$ de large par endroits. Celui d'*American Company*, au voisinage, a environ $0^m,50$ : tous deux sont situés dans des schistes.

Le filon de *Chile*, à environ 1 kilomètre au Sud de Potosi, est, après celui de Callao, le plus important du district du Caratal. Il est dirigé, à peu près, N.-S. et a une épaisseur de $0^m,60$ à 3 mètres. C'est également un filon quartzeux avec or visible et invisible, oxyde de fer, parcelles kaolineuses, etc...; on y remarque l'existence de cavités cubiques, prouvant l'existence de cristaux de pyrite dissous et contenant des traces d'or. Ce filon, encaissé dans des schistes talqueux, a été exploité jusqu'à 30 mètres de profondeur. Le long de la veine de quartz aurifère blanc se trouve une veine noirâtre, appelée dans le pays quartzo morado, et qui en est séparée par quelques pouces de cascajo.

Enfin, à environ 3 kilomètres de la mine de Callao, les mines

[1] En 1892, on a annoncé, un moment, la découverte d'une nouvelle colonne riche.

de la C^ie^ *Union*, abandonnées vers 1886, comprenaient, outre un filon de quartz aurifère, un gisement de surface d'une nature spéciale, propre à la Guyane Venezuelienne, qu'on appelle la *tierra de flor*.

C'est une couche de terre argileuse rougeâtre, située, en général, à 0^m^,40 ou 1 mètre au-dessous du sol, qui contient des blocs de quartz aurifère, des grains d'hématite brune pisolithique et une agglomération de ces grains appelée *moco de hierro*.

Lorsqu'elle est lavée, cette terre fournit, en outre, des cristaux décomposés de pyrite de fer, du sable non magnétique et des pépites d'or, dont la plus grosse, trouvée dans le pays, pesait 7 kilogrammes.

Le traitement de cette tierra de flor est malheureusement difficile.

*Bibliographie.*

1852. Sur les mines d'or de Campano, province de Cumana (Venezuela). (*Ann. d. M.*, 5^e^, t. I, p. 600 et t. II, p. 620.)

1882. Naissant. — District aurifère du Caratal. (*Bull. École des Mines*, p. 150.)

1882. Paul Manthès. — Rapport sur les mines d'or du Callao.

1882. Lock. — Gold, p. 261 et 267.

Juin 1883. Hamilton Smith. — Rapport, etc.

* 1885. Eschwege. — Exploitations aurifères du Venezuela. (*Bull. École des Mines*, p. 144.)

29 janvier 1885. Boutan. — Lettre aux actionnaires français du Callao.

* Boutan. — Rapport sur la mine d'or du Callao.

* 1886. Perkins. — Rapport sur l'exercice de 1885 (en français), donnant tous les renseignements sur le prix de revient.

* 1887. Perkins. — Rapport sur les six premiers mois de 1887.

1888. Jennings. — El Callao. Gold Mining C^e^. (*Report for the year*, 1888.)

* 1888. Bel. — L'industrie minière au Venezuela en 1887. (*Bull. École des Mines*, p. 36.)

1889. Davies, p. 55.

## GISEMENTS AURIFÈRES DE BÉRÉZOWSK (OURAL)[1]

Les gisements de Bérézowsk (Oural) sont situés à 12 kilomètres d'Ekaterinenburg, sur un plateau de schistes chloriteux et talcschistes traversés par des filons d'une roche spéciale, dite béré-

[1] Coll. *École des Mines*, 1633 et 1750.

zite, avec laquelle les filons de quartz aurifère semblent en relation.

Cette bérézite, — par un rapprochement, que nous avons déjà signalé, entre les filons d'or et les filons d'étain — se compose principalement de quartz et mica blanc avec un peu d'orthose, c'est-à-dire qu'elle est comparable aux granulites et greisens stannifères ; la pyrite de fer, décomposée aux affleurements en hématite brune, y est fréquente.

Les filons de bérézite, dirigés N.-S., ont une épaisseur variant de 4 mètres à 40 mètres et une longueur de plusieurs kilomètres ; à leur voisinage, les schistes, imprégnés de fer, ont pris une teinte brun rougeâtre, qui leur a fait donner le nom local de *Krassiks*. Bérézites et schistes sont aurifères.

L'ensemble est recoupé, à son tour, par de très nombreux faisceaux de veines quartzifères ayant, en moyenne, 3 centimètres d'épaisseur, au plus 7 centimètres et par des veines spathiques souvent juxtaposées au quartz dans la même fissure. Ces veines, toujours aurifères, semblent résulter d'une fissuration ayant suivi la venue de bérézite et d'une concentration des éléments qui se disséminaient dans celle-ci. La richesse diminue partout en profondeur, ainsi qu'on l'a constaté dans la plupart des gîtes aurifères et l'or semble provenir des pyrites, qui sont souvent d'autant plus riches au voisinage d'un filon que celui-ci est plus pauvre. On est, d'ailleurs, arrêté par les eaux à une profondeur maxima de 40 mètres.

On n'exploite jamais au-dessous de 10 grammes d'or par tonne ; en moyenne, à 30 ou 40 grammes. La production de Bérézowsk a été, en 1885, de 403 kilogrammes, dont la moitié environ vient des alluvions.

Dans le reste de l'Oural, des gisements, situés dans le territoire de Miask, ont produit, en 1885, 154 kilogrammes d'or ; les territoires des Bachkirs et des Cosaques d'Orenbourg ont fourni, la même année, 1 097 kilogrammes (53 exploitations).

Le travail se fait au moyen de bocards et de sluices à drap, suivis de sluices à plaque de cuivre amalgamé. On a fait aussi, récemment, quelques tentatives de traitement des pyrites aurifères par chloruration.

*Bibliographie.*

1877. Helmhacker. — Gold von Sysertsk am *Ural.* (*J. d. g. R. in Wien*, t. XXVII, p. 1.)

1883. d'Achiardi, I, 28 ; cf. Lock, 836.

1890. Laurent. — Sur l'industrie de l'or dans l'Oural. (*Ann. d. M.*, nov. 1890.)

1891. Weiss. — Métallurgie de l'or dans l'Oural. (Mémoire manuscrit à l'Ecole des Mines.)

## FILONS DE PYRITE AURIFÈRE DU PIÉMONT

### (GONDO, PESTARENA, ETC.)

Il existe, dans les Alpes occidentales, un assez grand nombre de gisements aurifères, dont quelques-uns encore exploités, où l'or se montre, d'une façon constante, associé avec de la pyrite, parfois sous forme de filons nets, plus souvent sous forme d'injections très ramifiées, dans les terrains primitifs et paléozoïques.

Il est possible qu'il faille chercher quelque relation entre ces venues hydrothermales pyriteuses et la remarquable zone de roches vertes (pietre verde) qui se développe dans la même région et en aval de laquelle les alluvions semblent seulement devenir aurifères. On sait, en effet, combien est fréquente la relation des pyrites, souvent chargées de traces d'or, parfois aussi de cuivre ou de nickel, avec certaines roches basiques, en particulier le gabbro de Norvège, la syénite de Nijni-Taguilsk dans l'Oural, le gabbro rosso du Monte Catini en Toscane, les diorites du Chili, etc... C'est sous cette forme de pyrites aurifères qu'un grand nombre de ces roches basiques contiennent de l'or : ainsi les diorites postjurassiques de l'Amérique du Sud, celles de l'Oural, des Indes, du Venezuela, surtout de la Nouvelle-Guinée et de la Nouvelle-Galles du Sud, les serpentines de Canoona au Queensland, de Terre-Neuve, etc...

Quoi qu'il en soit de cette association, les filons aurifères exploités dans les Alpes se présentent dans les conditions suivantes :

1° A *Gondo* (Suisse) [1], sur la route du Simplon, près de la frontière italienne, des filons de pyrite aurifère sont encaissés dans des gneiss à grain fin, qui forment des bancs bien nets, orientés E. 40° N. et plongeant régulièrement vers le Sud, sous un angle de 32°. On en a relevé une vingtaine, dont 3 ou 4 seulement (la Camozetta, Maffiala, l'Echelle et le Diable) ont donné lieu à quelques travaux. Ces mines ont été exploitées de 1810 à 1852 par la famille Maffioli, puis reprises, un moment, vers 1876, et, une dernière fois, en 1891.

Les filons, dirigés N. 20° O., avec plongement Ouest, ont des inflexions nombreuses. Ils se composent de pyrite de fer avec gangue quartzeuse et feldspathique. D'autres filons, N. 35° O., présentent, en outre, de la pyrite de cuivre et de la galène. La teneur en or est assez faible [2]. Le filon le plus riche, celui de la Camozetta, contient cependant localement jusqu'à 30 grammes d'or.

2° Plus au S.-O., on trouve, au pied du mont Rose, au-dessous de Macugnaga, les mines du *Val Anzasca*, seules exploitées d'une façon continue et qui, lorsque nous les avons visitées en 1883, produisaient 200 kilogrammes d'or par an, en occupant 300 ouvriers [3].

Ces mines sont divisées en deux districts : Val Toppa et Pestarena. On a exploité, en outre, des gisements situés à Battiggio, qu'on a dû abandonner à cause de leur trop forte teneur en arsenic.

A *Val Toppa*, l'on ne connaît pas de filons proprement dits, mais des injections sans salbandes, avec ramifications secondaires, dans des schistes talqueux très contournés, considérés, par Baretti comme précambriens. Des coupes transversales de 50 en 50 mètres (fig. 381) permettent de se faire une idée de l'allure du gîte.

A *Pestarena*, au contraire, on a de véritables fractures filoniennes disposées en éventail, ayant des salbandes et semblant se terminer en profondeur. On a reconnu 5 filons, suivant à peu près la stra-

[1] Voir Berthier. *Journal des Mines*, 1re série, t. X.
Peton de Maulette. Mémoire sur les mines d'or de Gondo.
Gueymard. *Ann. d. M.*, 1re série, t. X, p. 310.
Burthe. *Ann. d. M.*, 7e série, 1865.
Lock. Gold, p. 715.
1883. d'Achiardi, I, 16.

[2] Certains résultats, annoncés à grand fracas, portaient sur des minerais triés et lavés.

[3] Journal de voyage manuscrit à l'École des mines.

tification du micaschiste et recoupés par un sixième, nettement transversal, à la rencontre duquel ils s'enrichissent.

Enfin, à *Battiggio*, les venues hydrothermales ont également suivi les schistosités et incrusté trois sortes de cuvettes emboîtées dans les stratifications du talcschiste.

Partout l'or est contenu exclusivement dans les pyrites et s'est concentré, comme d'habitude, dans les zones de décomposition, en

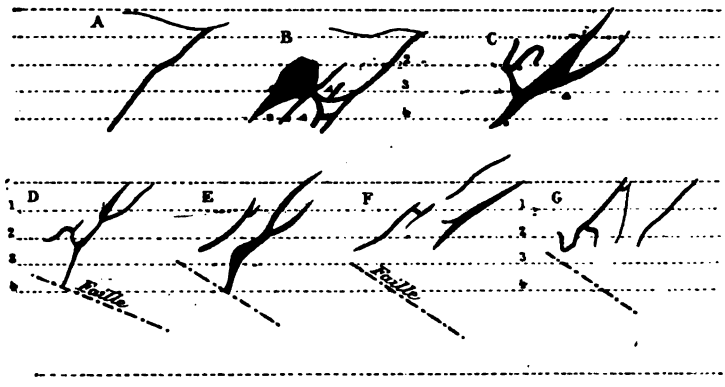



Fig. 381. — Coupes transversales, A, B, C, D, E, F, G, de 50 en 50 mètres, du gîte aurifère de Val Toppa.

particulier dans certaines veines oxydées noires qui traversent le quartz ; le quartz lui-même ne contient pas trace d'or à Pestarena et, à Valtoppa, seulement 0,03 p. 100. La tonne de minerai, à Valtoppa, tient, en moyenne, 13 grammes d'or (dont on retire seulement 85 p. 100) avec un peu d'argent et représente, par suite, une valeur de 36 francs ; à Pestarena, la teneur atteint 17 grammes. Pour un mois de 1883 pris au hasard, 294 tonnes de minerai, à Valtoppa, ont donné $4^{kg},09$ d'or ($13^{gr},6$ à la tonne), avec une perte apparente en mercure de $70^{kg},200$ et une dépense d'extraction de 26 fr. 50 par tonne ; 639 tonnes à Pestarena, $11^{kg},5$ d'or (17 grammes à la tonne), avec une perte de 204 kilogrammes de mercure. La difficulté, dans ces gisements, est la très forte proportion des travaux de recherche nécessaires. En 1881, la production d'or totale a été de $213^{kg},401$ extraits de 11 458 tonnes de minerai (5 286 à Pertarena, 6 172 à Valtoppa). En 1890, on a produit $169^{kg},758$ d'or.

3° En continuant à suivre les Alpes, nous trouvons : à *Gresso-*

*ney*, un filon de pyrite aurifère s'étendant vers Alagna, qui a été exploité; de la pyrite aurifère à Valtournanche, à Brissogne près Saint-Marcel, à Ceresole, à Pratiglione, à Ceres.

## FILONS DE QUARTZ AURIFÈRE DE LA GRANDE-BRETAGNE (PAYS DE GALLES, ETC.)

On a exploité, dans l'antiquité, un certain nombre de mines d'or en Grande-Bretagne, et les Romains, en envahissant le pays, savaient, d'après Tacite, qu'il produisait de l'or, de l'argent et d'autres métaux.

Une de ces mines d'or antiques a été retrouvée à Gogofau, près Pumpsant, dans le Camarthenshire, sur les bords de la rivière Cothy. Elle portait sur un filon de quartz aurifère.

Plus tard, au XVII[e] siècle, un certain Thomas Bushell prit à bail un certain nombre de mines dans le Merionetshire et le Cardiganshire, en particulier près d'Aberytswich et en retira de l'or et de l'argent dont on frappa des monnaies.

Dans le *Merionetshire*, il existe un district aurifère, situé sur les deux rives de la Mawddach, près de son estuaire. En remontant de là vers les montagnes voisines, on trouva, en 1854, de l'or dans les mines de cuivre de Clogau, Vigra, etc. Après un moment d'enthousiasme, ces mines donnèrent lieu à de grandes déceptions. Cependant, en 1875, Clogau a produit 548 onces d'or; en 1879, 447 onces.

On trouve là : 1° des filons quartzeux N.O.-S.E., avec minerais de cuivre, d'argent et, plus rarement, de plomb; 2° des veines N.E.-S.O. de carbonate et sulfate de baryte avec galène et blende; 3° des veines de quartz aurifère E.O. recoupant tous les autres filons et enrichies à leur intersection.

En 1875 le minerai brut de Clogau tenait 10 à 12 grammes d'or à la tonne.

Vers 1886, ce district aurifère du Merionetshire[1], dans le pays de Galles, a, de nouveau, éveillé l'attention des industriels.

[1] District qui produit également du manganèse; voir t. II, p. 10, et t. I, p. 360.

Les exploitations de Gwynfyndd, Old Ygra, Clogau, Prince de Galles, Cefn Coch, Berkllwyd, Cefndenddwr ont donné, en 1887, 12 000 tonnes de quartz et 14 667 onces d'or (457 kilogrammes), c'est-à-dire une teneur de près de une once et quart par tonne, mais ont, encore une fois, rapidement diminué d'importance dans les années suivantes.

En dehors du pays de Galles, on a signalé la présence de l'or dans le *Cornwall*, en particulier au Nord, près de Davidstowe, dans des veines quartzeuses recoupant des schistes métamorphiques au voisinage de la granulite, dans des conditions tout à fait comparables à celles des gîtes stannifères et, parfois même, dans les filons d'étain.

En *Irlande*, il existe des alluvions aurifères dans Ballinvalley, affluent de l'Aughrim qui tombe elle-même dans l'Avoca à Wooden Bridge ; des filons de quartz pyriteux aurifère à Ballymurtagh.

En *Ecosse*, le docteur Lauder Lindsay a montré que l'or était assez répandu, en particulier dans des alluvions à Crawford ou Leadhills. Il a remarqué que l'or de ces alluvions était, comme celui de la Nouvelle-Zélande, associé avec de la magnétite et des traces de titane, d'uranium, etc.

*Bibliographie.*

Ramsay : Geology of North Wales.
Calvert : Gold rocks of Great Britam and Ireland.
1844. Dean. British. Assoc. reports.
1865. Breithaupt. — (*B. u. H. Z.*, 1865, p. 91.)
1866. Forbes. — (*N. jahrb. f. Min.*, p. 748.)
V. Cotta. — *Erzlagerstätten*, t. II, p. 492, et Groddeck, p. 279.
1882. Lock, p. 727.
1883. d'Achiardi, t. I, p. 21.
1888. Vanderbilt. — Gold in *Great Britain*.
1888. Causerie scientifique du *Temps*, 17 janvier 1888.
1888. Davies, p. 40.

# FILONS AURIFÈRES DE BÖMMELÖ ET DE EISWOLD (NORVÈGE, ETC.)

Les filons aurifères de *Bömmelo*[1], au débouché du Hardangerfjord, entre Bergen et Stavanger, ont été étudiés par M. Reusch. Toute la région porte l'empreinte du plissement postsilurien (calédonien) de la péninsule scandinave et l'on y voit des exemples remarquables de roches franchement volcaniques (coulées et tufs de diabase) de cette époque. Les filons de quartz aurifère semblent liés au granite.

A *Eiswold* (75 kilomètres au N. de Christiania), on a exploité également des filons, parfois interstratifiés, de pyrite de fer et chalcopyrite avec de l'hématite et de l'or natif.

Des conditions analogues se présentent, en Autriche, dans la chaîne des *Tauern*, en particulier au *Rathhausberg*[2], près de Gastein ; aux environs de Salzbourg, etc...

Il s'est produit là, au milieu de micaschistes, une imprégnation siliceuse et pyriteuse le long de certains feuillets, reliés par des fractures transversales qu'on a appelées feuillets de puissance. La pyrite, souvent aurifère, est accompagnée de chalcopyrite, phillipsite, mispickel, galène, blende, etc.

De même, à *Brandholz*[3], près de Berneck, sur la lisière Sud-Ouest du Fichtelgebirge, l'on a des veines quartzeuses reliant des lentilles de quartz interstratifiées, qui ont parfois 1 mètre de puissance, et l'on y trouve de l'or natif avec de la pyrite de fer, du mispickel et de la stibine.

[1] Scheerer. B. u. H. Z., p. 858 ; cf. Groddeck, p. 277.
* 1887. Reusch. Bömmeloen og Karmoen.
1888. De Margerie. Annuaire géologique, p. 745.

[2] V. Cotta. *Erzlagerstätten*, t. II, p. 318, et Groddeck, p. 278. Voir, plus haut, p. 881.

[3] V. Groddeck, p. 278.

## FILONS AURIFÈRES DE TACUAREMBO (URUGUAY)[1]

On a exploité, quelque temps, des filons aurifères dans la région de Tacuarembo (Uruguay), sur les flancs de la cordillère Sainte-Anne.

Le terrain y est composé de couches siluriennes plissées, sous forme d'ardoises talqueuses et chloritiques renfermant des diorites, de quelques lambeaux de dévonien et d'un peu de terrain carbonifère caractérisé par ses fossiles.

De grandes forêts vierges suivent le cours du Tacuarembo ; le climat passe néanmoins pour assez salubre.

Les terrains anciens sont recoupés par des filons de quartz divergents, sinueux, souvent se bifurquant ou se réunissant en profondeur. Les quartz sont de variétés et d'aspects très distincts :

1° Le quartz stérile est, tantôt hyalin vitreux en masses dures et compactes, tantôt d'un blanc laiteux. Il forme des dykes très prolongés.

2° Le quartz aurifère est, au contraire, d'un blanc d'albâtre avec des parties grisâtres, d'autres bleutées et très poreuses et des veines teintées d'oxyde de fer ; il se ramifie en petites veinules nombreuses de 0,5 à 0,20. On y trouve de la pyrite de fer et de cuivre, de la galène, du carbonate de cuivre et de l'oxyde de fer. L'or y est souvent à l'état visible.

3° On rencontre un peu d'or dans des quartz analogues, mais plus vitreux, associés avec de la pyrite de cuivre et de la galène.

La teneur en or semble, dans les quartz aurifères, diminuer très rapidement, en profondeur, à partir de 6 à 10 mètres. Aussi croit-on que, lorsqu'une veine ne montre pas d'or à la superficie, il est inutile d'y faire des recherches.

La présence de l'argile plastique dans les interstices des quartz est considérée comme un signe favorable.

Le rendement des quartz aurifères a été, dans les parties hautes,

[1] Coll. *Ecole des Mines*, n° 2010. Voir la carte de l'Amérique du Sud, p. 843.

d'environ 3 onces (94 grammes) à la tonne; on rencontrait, parfois, dans le filon, un peu de tellurure auro-argentifère.

La découverte de l'or, dans cette région, remonte à 1842. En 1867, on commença quelques travaux superficiels, et, en 1878, on finit par organiser des exploitations importantes, qui ont eu, croyons-nous, peu de succès.

Un rapport sur le filon de *San-Pablo*, dans la province de *Santa-Ernestina*, donne les chiffres suivants :

| FILON SAN PABLO - | OR | ARGENT | OR | ARGENT |
|---|---|---|---|---|
| | gr. | gr. | gr. | gr. |
| Surface. . . . . | 92 | 29 | 158 | 58 |
| Profondeur : 5 à 10 mèt. | 16 | 8 | 14 | 6 |
| — 10 à 12 — | 8 | 4 | 9 | 3 |
| — 12 à 13 — | 4 | 2 | | |
| — 13 à 14 — | 2 gr. | | Traces | |
| — 14 à 20 — | 2 gr. | | | |

Frais élevés : en traçage. . . . . 107 fr. par t.
— en abatage par gradins. 70 —

Frais d'usine non compris : Salaire des mineurs : 12 fr. par jour; ouvriers au jour : au minim. 6 fr.

Ce filon de San-Pablo, à Santa-Ernestina, contenait fréquemment de beaux cristaux d'or visible; mais sa teneur a néanmoins été trop faible pour couvrir les frais (à peine 2 à 3 grammes en profondeur) et l'exploitation a dû être suspendue.

*Bibliographie.*

1878. Barrial Posada. — Estudio geologico de la region aurifera de *Tacuarembo*, que comprende los distritos de *Yaguari*, de los Corrales y de Cunapiru. in-4°, 26 pages. Paris, 1878.

1888. Charlier. — Les mines d'or de l'Uruguay.

## FILONS AURIFÈRES DE PANAMA

Les terrains aurifères de Sardanilla, où l'Emperador Mining C° of Colombia a commencé des exploitations en 1882, sont placés à 7 kilomètres au N.-E. du chemin de fer de Colon à Panama, entre le rio Chagres et le rio Obispo, son affluent ; la région qu'ils occupent est faiblement accidentée : les plus hauts sommets ne dépassent pas 250 mètres d'altitude.

La station du chemin de fer la plus voisine est « Emperador », située elle-même à 20 kilomètres de Colon et à 44 kilomètres de Panama.

Le sous-sol est là formé, presque exclusivement, par une roche quartzeuse assez compacte, mais recouverte d'alluvions sur des épaisseurs souvent très considérables. Une partie des terrains d'alluvions est composée de sables et de graviers aurifères amenés par les ruisseaux à des époques relativement récentes et provenant de ces roches quartzeuses. Le reste des alluvions est une terre boueuse, grisâtre, apportée probablement par la mer et qui forme d'énormes dépôts sur les rives du rio Chagres.

Les quartzites de la contrée sont recoupés par des filons de quartz aurifère. Ces quartzites renferment eux-mêmes des traces du métal, qui, d'ailleurs, est (sauf un peu d'argent) le seul produit de cette venue enrichissante.

Les quartz des filons aurifères sont rouges ; ils renferment quelquefois de l'or visible ; mais, le plus ordinairement, le métal est extrêmement divisé et invisible.

On y a rencontré localement des teneurs en or assez fortes.

## FILONS AURIFÈRES D'AUSTRALIE [1]

En Australie, un grand plissement antéhouiller semble caractérisé par l'alignement général de tous les terrains anciens et

[1] Coll. *École des Mines*, 1564. Voir, pour les alluvions d'Australie, page 969.

des roches anciennes suivant des bandes Nord-Sud, tandis que les roches éruptives modernes ont une orientation différente. Ce plissement paraît avoir été accompagné d'éruptions de diorite, etc., et de formation de filons de quartz aurifères, à leur tour recoupés, en quelques points (Wood's point, Victoria), par des grünsteins. L'âge de ces filons est bien caractérisé par ce fait qu'ils ne passent jamais

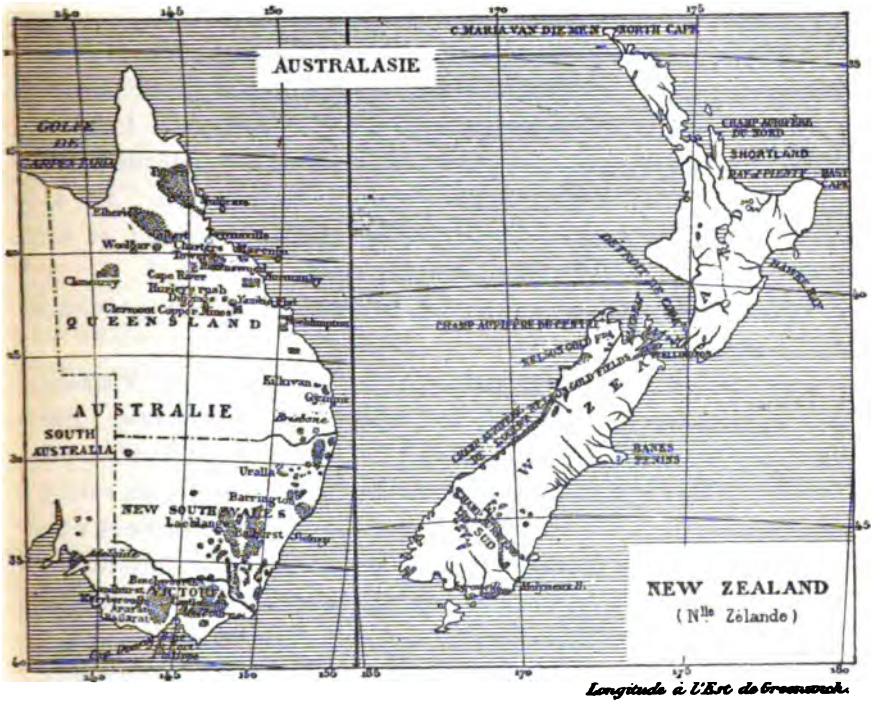



Fig. 382. — Carte des gisements d'or d'Australasie. (Les régions aurifères sont représentées par un pointillé).

des couches anciennes fortement plissées dans les couches carbonifères, qui les recouvrent en stratification discordante. Même, au Schoal haven River, dans la Nouvelle-Galles du Sud, d'après Wolf, des érosions puissantes, qui donnent des coupes de près de 500 mètres de haut, montrent les gîtes aurifères encaissés dans des terrains anciens et venant buter, à leur partie haute, contre les conglomérats et grès houillers superposés, sans y pénétrer.

Ces gisements se présentent, le plus souvent, sous forme de filons

couches N. S., dont le caractère filonien est accusé par leur passage des terrains sédimentaires dans les roches éruptives. On en connaît des exemples dans les districts aurifères de Gympie et de Ravenswood, dans le Queensland, et dans ceux de Cargo (Nouvelle-Galles du Sud). Les filons de ces districts ont de 10 centimètres à 15 mètres de puissance, et les minerais y sont concentrés en colonnes riches, dont la disposition très irrégulière a été étudiée par Lock[1].

Ailleurs, comme à Wood's point, Upper Goulburn Victoria, des veines de quartz aurifère traversent un granite amphibolique très pauvre en quartz. A Bethanga, à l'Est de la jonction de la Mitta-Mitta avec la rivière Murray (Victoria), des filons, recoupant le granite, contiennent, à la fois, l'or, l'argent et le cuivre ; ils ont de $0^{m},60$ à 2 mètres de large, des épontes bien définies et une teneur en or de près de une once à la tonne.

Ajoutons maintenant quelques détails sur les diverses provinces de l'Australie.

Par ordre d'importance industrielle, la province de Victoria, comme nous l'avons dit, tient, de beaucoup, le premier rang ; puis viennent la Nouvelle-Galles du Sud, le Queensland, l'Australie du Sud et l'île de Tasmanie. Nous avons donné, plus haut[2], les renseignements statistiques relatifs à l'ensemble de ces provinces avec quelques chiffres d'ensemble sur les produits de l'exploitation.

Dans la *province de Victoria*, on a reconnu, d'après les statistiques, plus de 3 000 filons aurifères, généralement encaissés dans le silurien et pouvant atteindre jusqu'à 25 ou 30 mètres de puissance. Ces filons, fréquemment interstratifiés, mais reliés alors par des veines qui recoupent les strates, sont, suivant Ulrich, en relation avec des dykes de diorite, en particulier dans le South Gippsland ; c'est aujourd'hui de ces filons qu'on extrait la plus grande partie de l'or de la province (tout d'abord tirée des alluvions).

Le tableau suivant[3] précise les conditions générales de l'exploitation des filons aurifères dans cette province :

[1] Loc. cit., p. 808 et suiv.

[2] Pages 872 et suiv.

[3] D'après un travail de M. Fuchs paru au *Bulletin des Annales des Mines* (1881).

## CONDITIONS TECHNIQUES DE L'EXPLOITATION DES FILONS EN 1881

| DISTRICTS | NOMS des filons. | PROFONDEUR de l'exploitation | QUANTITÉS extraites. | TENEUR moyenne par tonne | PUISSANCE du filon | DIRECTION du filon. | PLONGEMENT du filon. | PLONGEMENT de la zone ou colonne métallifère |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **ARARAT** | | mètres. | tonnes | gram. | mètres. | | | |
| Ararat | Scotchman's Flat | 360 | 1 128 | 53,682 | » | » | » | » |
| | Cross | 255 | 1 354 | 39,783 | » | » | » | » |
| | Scotchman's | 336 | 2 579 | 47,118 | » | » | » | » |
| **BALLARAT** | | | | | | | | |
| Central | Band of Hope | 120 à 285 | 1 500 | 11,030 | 0,60 | N. | 63° O. | N. |
| Southern | Staffordshire | 83 | 1 753 | 6,311 | 1,80 à 3,90 | » | 70° O. | S. |
| Buninyong | Hiscock's | 34 | 2 103 | 10,523 | 6,00 | N. 8° O. | 66° E. | N. |
| Creswick | Clunes | 24 à 297 | 14 523 | 9,121 | 0,60 à 18,0 | N. 15° O. | 30° E. | N. |
| | Clunes | 60 à 330 | 2 052 | 15,429 | 0,60 à 2,10 | N. 8° E. | » | N. |
| Steiglitz | ? | 42 | 1 | 122,409 | 0,15 à 0,25 | » | variable | E. |
| Blackwood et Blue Mountain S. | Sultan et autres | 120 à 225 | 1 665 | 20,659 | 0,15 à 1,80 | N. 11° E. | variable | variable |
| **BEECHWORTH** | | | | | | | | |
| Beechworth | Reform, Myrtleford | 125 | 1 420 | 10,140 | 3,00 | N. | O. | S. |
| Yackandandah S. | Morning Star | 18 | 64 | 58,272 | 1,20 | N. 10° O. | 80° O. | vertical |
| Buckland | Tiddle-de-addledee | 105 | 158 | 147,339 | » | » | » | » |
| | Land-Tax | 180 | 180 | 45,903 | » | » | » | » |
| | Land-Tax | 72 | 38 | 67,645 | » | » | » | » |
| Alexandra | Accident | 17 | 9 | 73,258 | 0,30 | N. 22° O. | 30° S.-O. | 30° S.-O. |
| Gaffney's Creek | Homeward-Bound | 45 | 35 | 7,399 | 2.40 | N. 33° O. | O. | 33° S.-O. |
| Wood's Points | Ford's | 60 | 150 | 24,481 | 0,60 | N. 53° O. | 70° S.-O. | 70° S.-O. |
| Big River | Railway | 90 | 600 | 5,175 | 1,20 | N. 32° O. | vertical | » |
| Jamieson | Gleeson's Lease | 51 | 32 | 103,962 | 0,30 | N. 27° O. | E. | » |
| **CASTLEMAINE** | | | | | | | | |
| Castlemaine | Wattle Gully | 105 | 503 | 10,651 | irrégulier | » | » | » |
| Fryer's Creek | Ferron's | 21 à 120 | 6 226 | 7,527 | 0,15 à 6,00 | N. 14° O. | 36° E. | » |
| | Cattle's | 48 à 78 | 1 673 | 7,079 | 0,12 à 6,00 | N. 5° E. | 50° O. | 83° N. |
| Hopburn | Wilson's | 58 | 120 | 36,216 | 1,65 | N. 20° O. | 60° O. | 30° S. |
| Taradale et Kyneton | United Kingdom | 15 | 143 | 4,654 | 0,90 | » | » | » |
| Tarrangower | Parkin's Reef | 150 | 452 | 60,442 | 1,20 | N. 12° O. | 80° O. | 75° S. |
| | German | 108 | 969 | 118,011 | 1,00 | N. 15° O. | 78° E. | 45° S. |
| **GIPSLAND** | | | | | | | | |
| Mitchell R. et Boggy C. E. | Galloway | 18 | 200 | 9,948 | 4,20 | » | » | » |
| Stringer's Creek | Cohen's | 102 à 186 | 4 072 | 38,193 | 3,60 | N. 19° O. | 80° O. | 30° N. |
| **MARYBOROUGH** | | | | | | | | |
| Maryborough | Western Reef | 150 à 160 | 528 | 7,015 | 0,30 à 1,80 | N. 10° O. | 65° O. | » |
| | Eastern Reef | 81 à 90 | 342 | 4,339 | 0,15 à 1,20 | N. 10° E. | 35° O. | » |
| Amherst | Church Hill | 75 | 115 | 153,907 | 0,30 | N. | » | E. et O. |
| Dunotty et Tarnagutta | Bealiba | 120 à 166 | 1 710 | 22,317 | 1,80 | N. 18° O. | variable | S. |
| | Welcome | 72 | 53 | 126,685 | 0,50 | N. 16° O. | E. | S. |
| | Bealiba | 60 à 90 | 1 156 | 60,225 | 0,90 | N. 18° O. | E. | N. et S. |
| **SANDHURST** | | | | | | | | |
| Sandhurst | Garden Gully | 225 | 4 015 | 45,175 | 0,45 à 1,20 | » | » | » |
| | Garden Gully | 240 | 848 | 10,523 | 0,60 à 3,00 | » | » | » |
| | New Chum | 174 | 124 | 39,847 | 0.45 | » | » | » |
| | Catherine | 174-192-210 | 1 359 | 11,734 | 0,30 à 0,90 | » | » | » |
| Aleathcote et Waranga S. | Butter's | 135 | 480 | 15,301 | 0,15 | » | 75° N. | » |

En résumé, on voit que l'on arrive à exploiter industriellement des filons de quartz aurifère, dont la teneur moyenne descend à 6 grammes d'or par tonne : ce qui est inférieur aux chiffres limites de la plupart des autres pays, à l'exception des alluvions (30 à 60 grammes au Callao, 16 à 23 grammes en Transylvanie, etc...).

Lorsqu'on reporte tous ces filons sur une carte, on voit apparaître un certain nombre de groupes, dont les deux principaux, dirigés N.-S., sont compris dans le silurien inférieur.

Dans le district d'Ararat, le Campbell's reef a donné, de 1857 à 1879, 106 000 tonnes de quartz tenant 76 000 onces d'or.

Le district, où la teneur moyenne en or est la plus élevée, est le Gippsland, où elle atteignait 1 once, 2 (36 grammes) dans les 30 000 tonnes broyées en 1879; mais, dans le district de Ballarat, où elle n'était que de 9 grammes, on avait traité, dans le même temps, 350 000 tonnes et, dans celui de Sandhurst, où elle était de 14 grammes, 232 000 tonnes.

Dans le Gippsland, M. Howitt a remarqué que certaines alluvions aurifères, en particulier dans la rivière Mitchell, provenaient, non pas de terrains siluriens, mais de terrains dévoniens; ce fait, qu'il a expliqué d'une façon toute simple, à notre avis, par l'existence, dans cette région, de filons encaissés, non plus dans le silurien, mais dans le dévonien, était contraire aux théories préconçues de ceux qui voulaient faire dériver l'or d'Australie, exclusivement du silurien ; aussi Lock[1] l'a-t-il soumis à une longue discussion, de laquelle il résulte que l'or des filons du silurien aurait pu, par un premier remaniement, être introduit dans les grés et conglomérats dévoniens. L'existence de l'or dans certains conglomérats dévoniens étant d'ailleurs réelle, l'une ou l'autre hypothèse sont, à priori, également plausibles.

La composition minéralogique est assez constante : quartz, pyrite de fer et mispickel, blende, pyrite de cuivre, cuivre gris et calcite.

Dans la *Nouvelle Galles du Sud*, les filons aurifères ne sont exploités que depuis peu. Jusqu'en 1871, on ne s'occupait que des

[1] Loc. cit., page 811.

alluvions qui occupaient 16 000 mineurs. Depuis cette époque, on a découvert quelques filons très riches, tels que ceux d'*Emu Creek*, qui, de 1866 à 1871, ont produit 182 000 onces d'or ; ceux d'Hawkins'hill, qui, en six mois, ont donné 4 millions d'or.

On peut citer également les mines Mitchell's Creek et Kaiser, district de Mudgee, parmi les plus importantes.

Dans le *Queensland*, nous mentionnerons les champs aurifères de *Charters towers*, de *Gympie*, de *Marengo*, de *Normanby*, de *Palmer*.

Le champ de *Charters towers* se trouve à l'Ouest d'un massif de granite et de syénite, bordé par des schistes et des grès siluriens peu métamorphiques. Les filons aurifères, assez nombreux, y forment, dans l'ensemble, un faisceau courbe au milieu des schistes siluriens, dans lesquels ils sont souvent à peu près interstratifiés. L'un d'eux, le Comstock reef, longe, dans ces schistes, un dyke de porphyre. Le remplissage comprend : quartz, pyrites de fer et de cuivre, blende, galène.

Dans le district de *Gympie*, les porphyres occupent une grande étendue au milieu des terrains siluriens et dévoniens ; les filons aurifères sont souvent à peu près Nord-Sud, tandis que la schistosité est Nord-Ouest ; mais il semble y avoir, à travers eux tous, une zone générale d'enrichissement Nord-Ouest. Les filons, très bréchiformes, contiennent généralement l'or associé avec des pyrites, du quartz et de la calcite.

Dans le district de *Marengo*, des filons de quartz aurifère entourent le granite, et quelques-uns y pénètrent.

Le district de *Normanby* est presque uniquement formé de terrains anciens ayant subi, avant le carbonifère, un profond métamorphisme et recoupés par des roches à tourmaline. L'or y existe à l'état d'inclusions dans des pyrites et est très rarement visible à l'œil nu.

Dans l'*Australie du Sud*, les gisements aurifères sont de moindre importance que dans les autres provinces. On cite ceux d'Echunga, de Barossa, etc.

*Bibliographie.*

1853. Delesse. — L'or en *Australie*. (*B. S. G.*, 2e, t. X, p. 315.)

1853. Delesse. — Gisem. et exploit. de l'or en *Australie*. (*Ann. d. M.*, 5e, t. III, p. 185.)

1857. Clarke. —Sur les gisements aurifères de la *Nouvelle-Galles* (Australie). (*Ann. d. M.*, 5e, t. XVI, p. 577.)

1859. Clarke. — Filons de quartz aurifères aux environs de Sydney (*Australie*). (*B. S. G.*, 2e, t. XVII, p. 16.)

1864. Ulrich. — Gold and silver bearing reefs of Saint-Arnauld (Melbourne).

1866. Mines d'or de la colonie de *Victoria*. (*Bull. Ann. d. M.*, 6e, t. XIII, p. 502.)

Brough-Smyth. — Gold fields of Victoria.

1870. Brough-Smyth. — Contributions to the mineralogy of Victoria.

1872. Brough-Smyth. — Mineral ressources North of post Augusta.

1875. Heurteau. — Affinage de l'or argentifère à *Sydney*. (*Ann. d. M.*, t. VII, p. 208.)

1877. Wolf. — (*Zeit. d. d. geol. Gesells.*, t. XXIX, p. 82.) (Cf. Groddeck, p. 279.)

1878. R. Daintree. — Note on certain modes of occurence of gold in *Australia*. (*The quaterly Journal of the geological Society*, t. XXXIV, n° 3, 1878, p. 431.)

1879. Howitt. W. — On the geology of North Gippsland Vittoria. (*Qt. Jl. geol. Soc. Lond.*, t. XXXV.)

Wilkinson. — On the theory of the format. of gold nuggets in Drift. (*Trans. and proc. R. Soc. Victoria*, t. VIII, p. 115.)

*1881. Fuchs. — L'or en Australie. (*Bull. Ann. d. M.*)

1882. Lock. — Gold., p. 807.

1888. Davies, p. 63.

1888. Alexander. — The relation ages of the older gold bearing leads of *Ballarat* Creswick, Co. (*Transactions of the geological Society of Australasia*. Melbourne, 1888.)

Voir, en outre, Yearly colonial mining report et annual report of the department of mines Victoria, New South-Wales, etc.

## OR A LA NOUVELLE-ZÉLANDE

Des conditions de gisements, analogues à celles de l'Australie, se retrouvent dans la *Nouvelle-Zélande*. Les gîtes aurifères y sont encaissés, tantôt dans des schistes, tantôt dans des grès. Dans les schistes, ce sont des filons couches de $1^m,50$ de puissance maxima, composés de quartz blanc avec pyrite de fer parfois cuprifère et or natif; dans les grès, ce sont des filons, de $1^m,25$ de puissance moyenne, avec remplissage de quartz très fissuré et de sulfures

nombreux, particulièrement de marcassite antimoniale et arsénicale, de pyrite de fer et de chalcopyrite, puis de cuivre gris et de blende. L'or natif se trouve généralement en lamelles cristallines; il contient plus d'argent que celui des filons couches des schistes.

Les principaux filons de quartz, dans le Nord de l'île, sont ceux des districts de Coromandel et de Thames (Aucklana). On a constaté leur persistance à 200 mètres au-dessous du niveau de la mer; mais on en a surtout exploité la partie superficielle et altérée.

En 1881, à Thames, 32 404 tonnes de quartz broyé ont donné 53 154 onces d'or.

On exploite, en outre, à la Nouvelle-Zélande, de l'or d'alluvions dans les districts d'Otago, Westland et Nelson.

En 1880, la Nouvelle-Zélande produisait 30 600 000 francs d'or (305 246 onces).

*Bibliographie.*

1875. Ulrich. — Rapport sur les mines d'Otago.
1879. Groddeck, p. 280.
1881. James M. Kenow. — Report on the gold fields of New-Zeland.
1882. Lock, p. 517.
1883. G. Ulrich. — Uber die Goldvorkommnisse in *Neu Seeland.* (*N. J. Min.*, t. II, p. 136. Stuttgard, 1883.)

## QUARTZ AURIFÈRES DE CALIFORNIE[1]

Les gisements aurifères de Californie, qui contribuent, pour une si forte part, depuis 1848, à la production de l'or dans le monde, se composent de filons de quartz aurifères et d'alluvions plus ou moins anciennes au voisinage. Nous parlerons ailleurs des alluvions[2]; nous nous bornerons, en ce moment, à l'étude des filons, dont l'un, le Mother Lode, de 110 kilomètres de long, est le plus grand que l'on connaisse dans le monde.

En quelques mots, on peut dire que ces filons suivent la zone de contact de terrains métamorphiques, allant du carbonifère au

[1] Coll. *Ecole des Mines.*, 1600. Voir la carte de Californie, figure 348, page 712.

[2] Page 961.

jurassique, et d'un granite récent, parallèlement au plissement de la Sierra Nevada; que l'or, toujours un peu argentifère, y est, d'une façon constante, associé avec la pyrite transformée en oxyde de fer, ou même complètement dissoute au voisinage des affleurements et que la richesse a été partout en diminuant avec la profondeur. L'âge de ces filons a été considéré, par Whitney, comme le même que celui du granite[1]; M. Laur, d'après l'étude du ciment siliceux aurifère des alluvions, l'avait supposé beaucoup plus récent et même quaternaire[2].

La région aurifère est située, à peu près, à la hauteur de San Francisco, entre le 37° et le 40° degré de latitude, sur le flanc Ouest de la Sierra Nevada, dont le flanc Est présente, comme nous l'avons dit, les riches filons d'argent et d'or du Comstock. Vers l'Ouest, on trouverait, dans les Coast Range, la zone des bandes de mercure. Le pays de l'or s'étend, du Sud au Nord, sur les comtés de Mariposa, Tuolumne, Calaveras, Eldorado, Placer, Nevada, Yuba, Plumas et Butte. Un certain nombre de rivières aux alluvions aurifères la traversent de l'Est à l'Ouest : Merced, Tuolumne, Stanislaus, Calaveras, Mokelumne, Cosumnes, American River, Bear River et Yuba. Toutes ces rivières vont se jeter dans le Sacramento, qui coule, au contraire, du Nord au Sud, entre la Sierra Nevada et les Coast Range. Les villes principales, créées par l'industrie de l'or, le plus souvent sur l'un de ces cours d'eau, qui constituent de grandes voies navigables, sont Mariposa, Sonora, Mokelumnehill, Jackson, Placerville, Coloma, Auburn, Nevada, Downieville et Quincy; Sacramento est un peu plus à l'Ouest.

Au point de vue géologique, la Sierra Nevada, sur son versant Ouest qui s'élève en pente douce jusqu'à 3 800 mètres, est formée de deux bandes parallèles : l'une, à l'Est, de granites récents, diorites, syénites, etc.; l'autre, plus bas, à l'Est, de schistes et calcaires métamorphiques, quartzites, grauwackes, etc. Les roches éruptives tertiaires ne sont représentées, de ce côté, que par quelques

[1] D'après M. Laur (*Ann. d'or*, 1863), le quartz aurifère serait souvent directement un gisement de contact dérivant de la diorite (p. 450). M. Whitney est opposé à cette théorie.

[2] M. Laur a fait remarquer (p. 423), que les sources chaudes de Steamboat springs déposent, encore aujourd'hui, de l'or et de la silice.

basaltes. Sur le versant Est, au contraire (indépendamment de terrains métamorphiques analogues), les hauts plateaux (grandes plaines), qui s'étendent à travers le Névada, l'Utah et le Colorado, témoignent d'une activité éruptive très récente à l'époque tertiaire ; on y trouve de nombreux pointements de trachytes, andésites, phonolithes, etc., avec des sources thermominérales.

Dans le versant Ouest, qui nous intéresse spécialement, les granites paraissent, d'après J.-D. Whitney, être apparus pendant la période jurassique et jusqu'à l'époque de la craie supérieure. Le quartz y est généralement fort peu abondant; le feldspath est surtout de l'oligoclase ; la magnétite est fréquente ; les syénites s'en distinguent par la présence de la hornblende. Ces granites forment des bandes allongées, fréquemment ramifiées. Les terrains métamorphiques ont été étudiés par Whitney, qui y a reconnu du calcaire carbonifère à productus semi-reticulatus, spirifer lineatus, etc. ; puis, à l'Est de la chaîne, des couches triasiques du niveau d'Hallstadt et de Saint-Cassian avec orthocères, cératites, etc. ; enfin, du jurassique contenant des nappes éruptives, supposées contemporaines, de diorite et de porphyre. Du crétacé et du tertiaire sont, au pied Ouest de la chaîne, en stratification discordante sur ces terrains.

Les *filons de quartz aurifère* forment deux faisceaux principaux : l'un dirigé N. 36° O. et large de 12 à 15 kilomètres, allant de Mariposa à Sonora, Jackson et Marysville (c'est celui du Mother Lode); l'autre, N. 7° O., allant de Placerville à Grassvalley, Nevada et Quincy. Ils résultent de fractures bien nettes, évidemment connexes d'un plissement ancien de la Sierra Nevada, offrent des salbandes argileuses, miroirs de glissement, etc., et passent à travers les roches les plus diverses, sans changer de composition : ce qui est bien évidemment contraire à la théorie de la sécrétion latérale, chère à l'école allemande.

Leur épaisseur est très variable, souvent de moins de 1 mètre, exceptionnellement arrivant jusqu'à 40 mètres. Le remplissage est formé principalement d'un quartz qui, suivant une remarque déjà faite, offre les plus grandes analogies avec le quartz des filons d'étain. En profondeur, ce quartz apparaît toujours chargé de pyrite ; au voisinage de la surface, cette pyrite a été dissoute et le

quartz est, par suite de sa disparition, criblé de petites cavités qui lui donnent un aspect carié très caractéristique. Un quartz hyalin, ainsi caverneux ou rubané et contenant des géodes ou fissures ocreuses[1], est considéré par les mineurs comme un bon indice. Au contraire, un quartz compact, à cassure vitreuse ou conchoïde sans trace de pyrite, est, presque toujours, stérile. En même temps que la pyrite, on trouve accidentellement d'autres sulfures, tels que la galène, la blende, la pyrite magnétique, le mispickel, la chalcopyrite, le cinabre et, parfois, des minerais de tellure (petzite, hessite, mélonite, calavérite, etc.). L'or existe dans les parties hautes à l'état natif (free milling ore), rarement en grains ou cristaux visibles, le plus souvent en inclusions extrêmement fines. Plus bas, on trouve de l'or engagé dans des combinaisons sulfurées et non amalgamables. La richesse diminue rapidement avec la profondeur, comme dans tous les filons d'or, et ce fait, joint à la suppression de la méthode hydraulique pour le traitement des alluvions, fait que la production d'or en Californie décroît, chaque année, dans une forte mesure. La distribution très irrégulière du métal précieux et la grande valeur de ses moindres parcelles rendent, d'ailleurs, les essais au laboratoire généralement illusoires. La proportion d'argent est très variable dans le minerai : elle augmente, paraît-il, avec la profondeur[2].

Si nous étudions maintenant ces deux faisceaux de filons un peu plus en détail, nous voyons que l'axe du premier est formé par un grand filon nommé Mother Lode, qui a rarement moins de 2 mètres de puissance, souvent plus de 20 et traverse tout le pays, sur 110 kilomètres de long, comme une véritable muraille en saillie. Ce filon peut se voir à Mount-Ophir, à Bear-Valley, à Bigoak-Flat, près de Jamestown, de Columbia, de Mokelumne Hill, de Jackson, etc. A Benton-mile, il est rejeté, de plus de 150 mètres, par une faille ; puis entre Jackson et Placerville, de plusieurs kilomètres à l'Est.

[1] Quelques-unes de ces veinules ocreuses ont été très riches. M. Laur (p. 406) en cite une qui, sur 8 à 10 centimètres de large, a rendu 10 280 francs d'or argentifère aux 1 000 kilogrammes de minerais.

[2] M. Laur cite (p. 430) l'exemple de Goldhill, où l'on avait : aux affleurements, 651 francs d'or pour 300 d'argent ; à 20 mètres, 462 francs d'or pour 450 d'argent ; à 50 mètres, 33 francs d'or pour 931 d'argent.

Dans le faisceau de l'Est, on ne retrouve pas l'analogue de ce grand dyke, mais une série de veines quartzeuses assez minces et très ramifiées dans les schistes. On a souvent admis que la richesse en or augmentait à mesure que l'épaisseur diminuait. Cette richesse en or est généralement bien inférieure à ce que l'on suppose en général et décroît, lorsqu'on s'enfonce, comme l'indiquent les chiffres suivants :

| | 1851 | 1853 | 1855 | 1857 | 1858 | 1859 | 1860 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Grass Valley . . . . | 636 fr. d'or par t. | 254 | 148,40 | 127,20 | » | » | 95,40 |
| Eldorado. . . . . | » | » | » | » | 126,88 | 104,51 | 97,78 |

En 1862, on évaluait à 200 le nombre des mines à quartz en activité dans toute la Californie; leur production était de 700 000 tonnes de minerais, donnant 60 millions de francs d'or.

En 1885, d'après M. Hamilton Smith, les deux mines de Sierra Buttes et Plumas Eureka, situées à 56 kilomètres du chemin de fer Central Pacific, sur un filon de $2^m,40$ d'épaisseur, donnaient les résultats suivants :

| | TONNES traitées | PRIX DE REVIENT | | RENDEMENT en francs | SALAIRE moyen des mineurs |
|---|---|---|---|---|---|
| Sierra Buttes . . . . | 49 412 | Extraction . . . . | 21,11 | 36 29 | 13 francs |
| | | Traitement . . . . | 2,91 | | |
| | | Frais généraux . . | 6,29 | | |
| | | | 30,31 | | |
| Plumas Eureka . . . | 50 839 | Extraction . . . . | 22,67 | 39 52 | |
| | | Traitement . . . . | 3,17 | | |
| | | Frais généraux . . | 3,12 | | |
| | | | 28,96 | | |

Si nous passons maintenant en revue les divers comtés du Sud au Nord, voici les principales mines que nous y rencontrons :

Dans le comté de *Mariposa*, le Motherlode, dirigé N. E., a de $0^m,30$ à 2 mètres de large; le minerai a une valeur moyenne de 40 à 200 francs la tonne. En 1870, il y avait 30 mills broyant

35 000 tonnes; en 1875, la production s'était déjà fortement réduite.

Dans le comté de *Tuolumne*, on a surtout exploité des mines d'alluvions souterraines (deap lead) sous Table Mountain ; mais il existe, en outre, des filons à Golden Gate et Confidence.

Le comté de *Calaveras* est traversé par le Mother Lode, qu'on a surtout exploité à Carson Hill ; mais cette mine a dû être abandonnée lorsqu'on a atteint une certaine profondeur, l'or s'y étant trouvé engagé dans des combinaisons tellurées et arsénicales difficiles à traiter métallurgiquement. En 1875, 40 mills broyaient 30 000 tonnes.

Dans le comté d'*Eldorado*, la zone de filons aurifères atteint 40 kilomètres de large et est formée d'un certain nombre de filons très disloqués. Les principales mines sont :

Woodside : filon de 1 mètre de large, teneur moyenne 180 francs; production, en 1875, 180 000 francs d'or.

Taylor : filon de quartz aurifère, dans les schistes, à teneur de 180 à 400 francs ; proportion de minerais sulfurés (sulphurets) 1 p. 100 ; production en 1875, 250 000 francs ; frais du traitement, 11 francs.

Mount pleasant : filon de quartz aurifère dans le granite ; teneur moyenne, 238 francs ; proportion de sulphurets, 1,5 p. 100 ; production en 1875, 160 000 francs ; frais de traitement, 13 francs.

Le comté de *Placer* a été surtout célèbre par ses installations hydrauliques. Les principales mines de filons sont groupées, autour d'Auburn, dans les collines bordant la vallée du Sacramento. Ce sont : San Patrick (quartz à 200 francs la tonne sur une épaisseur de $1^m,60$) ; Crater (quartz aurifère dans la syénite, sur $1^m,50$ de large, avec une valeur moyenne de 220 francs et une proportion de 3 p. 100 de sulphurets) ; Spanish ; Gold Blossom (38 francs la tonne) ; Mina Rica (78 francs) ; San Lawrence ; Buckeye (filon de $1^m,30$ dans les schistes métamorphiques tenant 170 francs à la tonne) ; Cooper ; Scott ; Holder ; Shadyside ; Auburn ; Solsie : Consolidated ; Orléans ; Crandall ; Julian ; etc.

Le comté de *Nevada* comprend des exploitations considérables. aussi bien sur les filons que sur les placers. En 1870, on broyait 125 000 tonnes ; en 1875, 80 000. La principale mine du district est Gross Valley, dont nous avons donné plus haut les rendements.

L'exploitation y porte sur diverses veines de quartz assez étroites (souvent à peine $0^m,40$ dans les plus productives) ; la proportion de sulphurets est de 2 p. 100 du quartz aurifère ; après concentration, on en extrait l'or par chloruration.

Comme autres mines, on peut citer Idaho, New-York Hill, Eureka, Empire, Pittsburg, Antilope, Gold tunnel, etc.

Dans le comté de *Yuba*, il y a plusieurs exploitations de placers (Suckerflat, Smartsville, Timbuctoo, etc.), mais peu de filons.

Il en est de même de celui de *Plumas*.

Quant au comté de *Butte*, on peut y citer la mine de Cherokee flat, les filons Forbestown Consolidated (2 mètres de large) et le filon Mammoth.

*Bibliographie.*

1854. John Trask. — Expl. de l'or en *Californie*. (*Ann. d. M.*, 5e série, t. IX, p. 649.)

* 1863. Laur. — Gisement et exploitation de l'or en *Californie* (*Ann. d. M.*, 6e, t. III, p. 347.)

1867. Mines d'or, argent et étain des environs de los Angeles (*Californie*). (*Bull. Ann. d. M.*, t. XVI, p. 599.)

1870. Raymond. — Mining statistics west of the Rocky moutains.

* 1876. Sauvage. — Méthode hydraulique en Californie. (*Ann. d. M.*, 7e, t. IX, p. 1.)

1877. Whitney. — Metallic wealth of the United states.

1879. Goodyear. — Sables aurifères de *Californie*. (*Eng. a. Mining. j.*, t. XXVIII, p. 280, 299.)

* 1882. Lock. — Gold., p. 129 et suivantes.

1884. Hills. — Ore deposits of Summit District, Rio Grande County, *Colorado*. (*Proceedings of Scientific Society Colorado*, vol. I, p. 20.)

1885. Ed. Fuchs. — Note sur les graviers aurifères de la Sierra Nevada de *Californie*. (*B. S. G.*, 3e série, t. XIII, p. 486. Paris, 1884-85.)

1885. de la Bouglise. — Note sur les mines d'or de *Golden river* (Californie). (In-4°, 46 pages. Paris.)

1879. Groddeck, p. 281.

1888. Davies, p. 45.

## FILONS AURIFÈRES DU MEXIQUE[1]

Le Mexique passe pour avoir fourni, de 1521 à 1848, 800 millions d'or ; de 1861 à 1876, 76 millions ; de 1876 à 1893, 82 millions ;

[1] Coll. *Ecole des Mines*, n° 2000.

en tout, 958 millions. On y remarque, dans les districts de Tatatila et de Zomelahuacan, des filons de quartz aurifère encaissés dans un calcaire, parfois dans un grünstein et un porphyre, qui viennent s'arrêter brusquement devant un massif trachytique. Ils ont, en moyenne, de 1 à 2 mètres de puissance, une forte inclinaison et une direction N.-S.

Le remplissage présente, d'après Richter et Hübner, quatre types distincts :

1° Filons de quartz aurifère colorés par de l'oxyde de fer ;

2° Filons argentifères (argent natif, argyrose et cuivre gris argentifère) à gangue de calcite, rarement de quartz ;

3° Filons de galène argentifère avec gangue de quartz et de calcite ;

4° Filons de chalcopyrite et phillipsite aurifères.

Parfois, comme à la Concepcion, les minerais de plomb, d'argent et de cuivre se trouvent réunis dans un même filon avec le quartz aurifère.

Beaucoup de ces mines d'or du Mexique sont à rapprocher de celles du Comstock et du Nevada par l'association de l'or et de l'argent.

Parmi les principales, on cite : San Juan de Rayas, sur la Veta Madre, où des masses de quartz aurifère arrivaient, dans certaines bonanzas, à contenir près de 8 kilogrammes d'or à la tonne ; puis Guarisamey et San Dimas dans l'Etat de Durango. L'or de Guarisamey est célèbre pour sa pureté toute spéciale.

*Bibliographie,*

1879. Richter et Hübner. — (*Z. f. d. B. H. u. S. im preuss. St.*, t. XXI, p. 26.)

1879. Groddeck, p. 264.

* 1882. Lock, p. 101.

## FILONS DE QUARTZ PYRITEUX AURIFÈRE DU CHILI

Les gîtes aurifères du Chili peuvent se diviser en deux classes : les filons et les alluvions. Ils ont fourni, de 1854 à 1875, 900 millions d'or ; de 1875 à 1893, environ 65 millions (19 000 kilogrammes).

1° **Filons.** — Les filons ont, généralement, une direction N.-S., parallèle à la Cordillère. Dans la province de *Coquimbo* et, plus particulièrement, dans les départements d'*Illapel* et de *Combarbala*, ils sont très abondants. C'est un des pays les plus minéralisés qu'il y ait au monde (comme cuivre, fer, etc.). Il est vrai de dire que l'absence presque complète de végétation rend visibles tous les affleurements.

On distingue deux sortes de filons d'or, suivant que la fracture est nette et prolongée, ou que l'on a affaire à de petites veines irrégulières et superficielles.

Dans le premier cas, le remplissage est du quartz, de la pyrite de fer et de la pyrite de cuivre. Des minerais d'une teneur supérieure à 40 grammes par tonne sont assez communs, paraît-il, aux environs d'Illapel. Dans toutes ces mines, les travaux ayant été faits sans méthode et au jour le jour, on ne peut avoir aucun renseignement sur la répartition des zones riches.

Dans le second cas, l'or se trouve généralement dans des veinules (guias), dont le remplissage est constitué par du minerai de fer plus ou moins siliceux. Il s'y présente ordinairement en petits filaments, qui sont visibles à l'œil nu, après un broyage très fin et un lavage du minerai. Les veines d'or suivent quelquefois le filon ; quelquefois aussi, elles s'en écartent et finissent bientôt par se refermer. Il faut compter sur un appauvrissement graduel en profondeur.

Le grand naturaliste Darwin, qui a visité ces mines en 1846, a signalé l'association de l'or, tantôt avec de la pyrite de fer comme à Nancagua (Yaquil), tantôt avec de la pyrite de cuivre, comme à Durazno (Yaquil). Suivant lui, les filons sont tantôt encaissés dans le granite, tantôt dans des schistes métamorphiques, comme à Los Hornos, au N.-E. d'Illapel. Dans cette dernière mine, les filons sont au voisinage de dykes trachytiques.

Ces minerais d'or sont traités, d'une manière primitive, dans des moulins d'amalgamation composés d'une meule verticale roulant sur une meule fixe horizontale. Les propriétaires des moulins les louent, moyennant une certaine redevance, aux mineurs qui veulent traiter leur minerai. Quelquefois aussi, ils achètent le minerai, après un essai à la *poruna*. La poruna se compose de la moitié

d'une corne de bœuf fendue par le milieu, et dans laquelle on met une certaine quantité de minerai finement pulvérisé. On ajoute de l'eau, et on agite de manière à faire évacuer les matières les plus légères. Finalement, et par un coup de main spécial, il reste une poussière enrichie, où l'or se distingue, à l'une des extrémités de la poruna, en petits points jaunes, dont l'abondance plus ou moins grande indique à l'acheteur la valeur du minerai. Inutile de faire remarquer qu'avec ce procédé barbare, le mineur est facilement exploité par le propriétaire des moulins d'amalgamation.

**2° Alluvions.** — Les filons précédents ont donné, par leur destruction, des alluvions aurifères anciennes, dont nous dirons, de suite, quelques mots. Généralement, à la base du gisement d'alluvions, tout à fait au contact du terrain ancien, il se trouve une couche plus enrichie, que les mineurs exploitent par travaux souterrains ou en carrière. Ils lavent ensuite à la battée. L'or s'y présente en pépites. Si ce n'était la difficulté d'avoir économiquement de l'eau, plusieurs de ces gisements pourraient être exploités par la méthode hydraulique.

Ces alluvions anciennes se désagrègent, peu à peu, sous l'influence des agents atmosphériques, et viennent enrichir les alluvions modernes des petites rivières.

On peut citer les placers de Andacollo (à 35 milles de Coquimbo), de Los Cristales à Canquenes, de Talca, de Arauco, etc... Lock[1] donne quelques détails sur ceux de Niblinto, à 50 kilomètres à l'Est de Chillan, où l'on peut constater la présence de filons aurifères et sur ceux de Catapilco, au Nord de Valparaiso.

*Bibliographie.*

1824. Schmidt Meyer. — Travels into Chile over the Andes (London).
1825. Caldcleugh. — Travels in South America (London).
1846. Darwin. — Geological observations on South America (London).
1858. Gisements aurifères dans la province de Valdivia (*Chili*). (*Ann. d. M.*, 5e, t. XIX, p. 488.)
1878. *Mining journal*, t. XLVIII, p. 691.
1882. Lock, p. 231.

[1] Appendice A. Lettre d'Alexandre Bertrand.

# MINES D'OR DU PÉROU

Les mines d'or du Pérou, déjà très importantes avant la conquête espagnole, ont continué, au début de notre siècle, à être exploitées avec activité. De 1813 à 1820, on en a extrait 140 000 kilogrammes ; de 1820 (époque de l'indépendance) à 1875 : 23 000 kilogrammes : soit, 300 kilogrammes par an. Depuis ce moment, la production est tombée à 150 kilogrammes : ce qui fait, de 1875 à 1893, environ 20 millions de francs.

Les gisements aurifères comprennent des filons et des alluvions.

Dans la région de la Costa, il existe des filons de quartz dans le granite ; le quartz est généralement chargé d'oxyde de fer, tantôt cristallisé, tantôt à aspect scoriacé.

Dans la Sierra, surtout composée de terrains sédimentaires, on trouve des filons de contact le long des roches métamorphiques.

Les mines les plus importantes sont celles de Saint-Thomas (département de la Liberdad) ; celles de la province de l'Union dans le département d'Arequipa, où étaient autrefois les célèbres mines de Montes Claros, comblées en 1783 par un tremblement de terre.

En outre, on lave des alluvions aux bouches de Inambari, du Mucumayo et de l'Aporama dans les provinces de Sandia et Carabaya (département de Puno).

*Bibliographie.*

1882. Lock, p. 248.

1888. Hodges. — Notes on the Cerro de Pasco (Peru). (*Trans. of the Am. Inst. of min. Eng.*)

1889. Raimondi. — (Public. de l'Ecole des Mines de Lima), et : On the rivers San Gavan and Ayapata, in the province of Carabaya, Peru. (*Jl. R. geogr. Soc.*, t. XXXVII, p. 134.)

# FILONS AURIFÈRES DE TRANSYLVANIE[1]

## (NAGYAG, VÖRÖSPATAK, OFFENBANYA, ZALATHNA)

Le district aurifère de la Transylvanie a une superficie d'environ 20 milles carrés et s'étend sur les comitats de Hunyad, de Zarano et de Unter-Alba. L'exploitation de l'or y remonte à une époque très ancienne, au VIII[e] siècle, dit-on. A la fin du siècle dernier, elle a été l'objet de diverses descriptions.

Les centres principaux d'exploitation étaient, en 1860, à l'époque où V. Cotta les a étudiés : Nagyag (on Szekerembe), Vöröspatak, et Offenbanya.

Aujourd'hui, les travaux portent surtout sur Nagyag, Vöröspatak, Abrudbanya, Rezbanya, Tokay, etc. Nous avons donné, plus haut[2], leur production.

Ce district fait, d'ailleurs, partie d'une longue zone métallifère récente, située sur le versant Sud des Carpathes et qui, d'après V. Richtofen, peut se diviser de la manière suivante :

1° District de Schemnitz[3] et de Kremnitz ;

2° Chaîne du Matra (Parad) ;

3° District de Gran et de Visegrad,

4° Chaîne trachytique d'Eperies-Tokay (Telkibanya) ;

5° Chaîne de Vichorlat-Gutin et environs (Nagybanya, Felsobanya, Turcz, Kapnik, Olah-Lapos-Banya, Borsabanya, Iloba) ;

6° District d'Abrudbanya (Offenbanya, Vöröspatak, Nagyag, Rezbanya, Zalathna, Faczebaja).

Toute cette région est particulièrement intéressante par l'étendue et l'intensité qu'y ont prises les éruptions tertiaires et par l'abondance des venues métallifères qui les ont accompagnées. On peut étudier là des types de gisements analogues à ceux qui jalonnent la chaîne des Andes en Amérique et qui ont fait la

[1] Coll. *Ecole des Mines*, n° 2 008.

[2] Page 881.

[3] Les mines de Schemnitz produisent de l'or en même temps que de l'argent. Voir plus haut, p. 783.

richesse des Etats de Nevada, de Sonora, du Mexique, de la Bolivie, etc...

La série des éruptions tertiaires comprend : des andésites, des trachytes, des rhyolithes, des basaltes. Von Richtofen avait cru, en outre, devoir distinguer, comme une roche spéciale, les propylites formant les épontes de la plupart des gisements métallifères et qui ne sont, en réalité, comme nous avons déjà eu l'occasion de le dire à propos du Comstock[1], que des produits d'altération de diverses roches, en particulier d'andésites amphiboliques, altérations dues précisément aux venues hydrothermales.

On peut noter ici, comme dans la plupart des gisements récents, une relation, souvent très nette, entre la formation métallifère et une roche éruptive plus ou moins voisine ; au point de vue des fractures, on remarquera qu'elles se sont produites à l'intérieur de la courbure des Carpathes, sur le versant escarpé regardant la mer miocène. En outre, on semble, assez souvent, avoir affaire à de véritables fissures de retrait dues au refroidissement des roches ignées et ne s'étendant qu'à une faible distance, avec des déviations dans les terrains voisins. Nous aurons à citer des exemples de fissures radiées à Vulkoy Botes et Felsobanya ; ailleurs comme à Nagybanya, le système de fissuration est réticulé et constamment discontinu en profondeur ; ou bien, l'on a affaire à un stockwerk complexe, comme à Vöröspatak. Quand le filon correspond à une vraie cassure, il a souvent suivi le contact de deux roches.

La nature du remplissage permet de distinguer deux ou trois groupes de filons :

1° Ceux de quartz aurifère avec pyrite et sulfures plus ou moins complexes, comme à Vulkoy, Vöröspatak, Nagybanya ;

2° Ceux où, avec les éléments précédents, interviennent les minéraux de l'antimoine et de l'arsenic, comme à Felsobanya et Kapnik ;

3° Enfin, les filons tellurés de Nagyag et Offenbanya, dont nous renverrons la description au chapitre des *Filons tellurés*[2].

[1] Page 799.

[2] Page 947.

**Vulkoy Botes.** — Les mines de Vulkoy Botes (fig. 383) se trouvent à environ 15 kilomètres au Nord de Zalathna, sur le flanc du mont Vulkoy Korabia (Vulcain). Après avoir été exploitées activement à l'époque romaine et abandonnées ensuite pendant vingt siècles, elles ont été reprises, en 1880, sans grand succès.

La région est constituée par des roches trachytiques recoupant les grès carpathiques (crétacé supérieur et éocène inférieur), connus dans le pays sous le nom de schiefer (schistes), à cause de leur constitution lithologique prédominante.

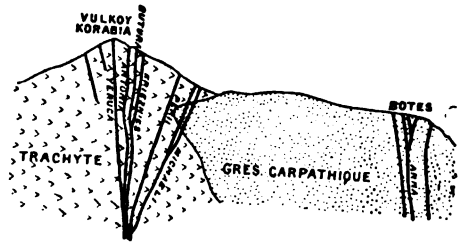



Fig. 383. — Coupe verticale Est-Ouest des filons de Vulkoy (Transylvanie).

Les grès carpathiques — outre les schistes, généralement très silicifiés près du trachyte — comprennent quelques rares bancs de grès siliceux et micacés, des conglomérats et des poudingues. Ils sont extrêmement plissés. On les rencontre sur toute la montagne de Botes et autour du mont Korabia, lui-même formé de trachyte. En profondeur, les travaux souterrains ont retrouvé ces schistes dans le mont Korabia, au-dessous du trachyte, et il en est résulté, au point de vue de l'exploitation, des déceptions très grandes.

Les roches trachytiques du Korabia comprennent :

Andésites amphiboliques (trachytes ou propylites de Richtofen), formant presque tout le massif du Korabia et encaissant, généralement, les parties riches des filons ; dacites, rhyolithes, visibles seulement, du côté Nord, à Bucsum, Liaska, etc.

Les *filons* se divisent en deux groupes : ceux du mont Korabia, ceux de Botes.

Les premiers, les plus importants, sont, de l'Est à l'Ouest : Yeruga, Butura, Kriczniez, Perii et Michaeli, divisé lui-même en deux branches ; leur faisceau est très nettement convergent vers l'intérieur de la masse trachytique, en sorte qu'il est difficile de ne pas voir là des cassures en relation avec le retrait dû au

refroidissement de la roche. Cependant, ces cassures se prolongent, au contact, dans les grès carpathiques; mais elles s'y éparpillent rapidement, se réduisent, s'appauvrissent et deviennent indiscernables.

Les filons de Botes, extrêmement minces, sont exclusivement encaissés dans le schiste carpathique; mais, comme les schistes sont là assez siliceux et compacts, les fissures filoniennes y sont plus nettes et ont donné lieu à quelques exploitations fructueuses, en particulier sur le filon de Slovas Anna.

Tous ces filons sont essentiellement formés de quartz blanc légèrement bleuâtre et un peu laiteux, au milieu duquel se trouve l'or natif visible et invisible. On y rencontre, en outre, 1 à 2 p. 100 de sulfures, surtout de pyrite de fer et, quelquefois, de pyrite de cuivre et, dans les parties profondes du gîte, une proportion croissante de blende, de cuivre gris et de galène.

Tous ces sulfures, mais principalement les pyrites, sont aurifères et contiennent l'or à l'état libre, susceptible d'être extrait — au moins dans le laboratoire — par amalgamation.

Les filons présentent le caractère habituel des filons aurifères : un appauvrissement, tant en puissance qu'en teneur, dans la profondeur. A la partie supérieure, on y rencontrait des alternances de zones riches et de zones pauvres, les zones riches étant surtout situées à la rencontre de petites failles stériles à remplissage argileux. Les travaux souterrains ont montré qu'il se produisait, au contact du schiste et du trachyte, une remarquable concentration de minerai.

Les grands travaux romains, dont on retrouve les excavations près des affleurements, ont évidemment porté sur des parties exceptionnellement riches. Entre 1883 et 1884, la teneur a été encore de 15 à 45 grammes d'or par tonne, c'est-à-dire assez élevée; puis elle a baissé peu à peu.

**Vöröspatak.** — Le gîte aurifère de Vöröspatak, au Nord-Est d'Abrud-Banya, a nettement le caractère d'un stockwerk [1]. « Du milieu des couches éocènes s'élèvent des pointements de roches

[1] Nous empruntons les descriptions de Vöröspatak, Nagybanya et Felsobanya à V. Groddeck, p. 221.

trachytiques, plus ou moins continus, rangés suivant la circonférence d'un cercle, dont l'intérieur est rempli par des roches sédimentaires tertiaires, généralement horizontales, et par des masses éruptives isolées. L'ensemble fait l'impression d'un volcan circulaire. Au mont Csétatje, qui appartient à la partie méridionale de la ceinture trachytique, la roche, qui est là de la propylite fortement altérée, décomposée ou silicifiée, et abondamment imprégnée de pyrite de fer, est traversée par d'innombrables veines métallifères irrégulières contenant du quartz, de l'or natif, de la pyrite, de la blende, du cuivre gris, de la pyrite magnétique, de la galène, de la berthiérite, de la diallogite, de la calcite, de la sidérose et rarement de l'adulaire. Des masses argileuses noires, appelées *glamm*, avec fragments de micaschistes et de grès, remplissent des filons dans la roche métallifère. La minéralisation s'étend de la roche éruptive aux grès éocènes voisins, qui sont également traversés par une infinité de fentes ayant jusqu'à $0^m,30$ de puissance et contenant du quartz, de la pyrite aurifère, du cuivre gris, de la chalcopyrite, de la calcite, etc. Ces fentes n'ont que rarement pu être suivies sur plus de 200 mètres en direction et de 60 en inclinaison. »

**Nagybanya.** — L'étude des mines de Nagybanya est, d'après V. Groddeck, particulièrement instructive.

Les filons, dirigés H.2 à 3, traversent le trachyte amphibolique, rarement le trachyte gris, qui a fait souvent éruption à travers le premier et l'a recouvert. Le plus important est le filon de Kreuzberg, qui recoupe la montagne du même nom depuis le pied jusqu'au sommet. Ces filons ne sont pas nettement délimités et n'ont pas de salbandes. On peut[1] se figurer la masse de trachyte amphibolique, divisée, par chacun d'eux, comme par un plan idéal ; des deux côtés de chaque fracture, la roche est de plus en plus altérée, à mesure qu'on se rapproche davantage de ce plan ; en même temps, elle se silicifie progressivement et passe, dans le plan moyen, à un quartz impur. Il est, par suite, évident que chacune de ces fentes a donné passage à des sources siliceuses qui

[1] V. Richthofen. (Jahrb. d. k. k. geol. Reichs. 1860, p. 238.)

ont altéré le trachyte au voisinage. Le quartz contient de fines imprégnations de pyrites aurifères et d'un peu de chalcosine, et des nids de minerai d'argent, particulièrement d'argent rouge et de cuivre gris argentifère. On a remarqué l'absence complète des carbonates, ainsi que de la barytine, la galène, la blende, la stibine et le réalgar, habituellement si fréquents dans les filons de ce type.

Non loin de Nagybanya, se trouvent les exploitations de *Felsobanya*, de *Kapnik* et d'*Olah-Lapos-Banya*.

**Felsobanya.** — Felsobanya est situé au pied de la montagne de Grossgruben qui, de tous les côtés, est séparée des montagnes voisines. Le Grossgruben est composé principalement de trachyte amphibolique émergeant des couches tertiaires, qui entourent sa base. On y rencontre des filons de direction générale $H_6$, qui présentent, suivant l'inclinaison, une disposition en éventail : ces filons ont, en effet, des pendages variant de 65 à 70°, de sorte que la largeur du faisceau, qui est de 480 mètres aux affleurements, se réduit progressivement en profondeur. Ces filons sont situés au contact du trachyte amphibolique et d'un trachyte gris plus récent, qui le traverse sur le flanc Sud de la montagne. On les trouve au milieu d'une brèche de frottement, non pas à l'état de fentes continues, mais comme remplissage entre les fragments du conglomérat. L'élément le plus ancien est un quartz impur et pyriteux qui a généralement silicifié la roche. On trouve, en outre, pyrite aurifère, galène argentifère, blende, chalcopyrite, réalgar et stibine, barytine et gypse. Les dernières formations sont la calcite et le braunspath.

Lorsque le quartz fait défaut, le réalgar et la stibine sont abondants.

**Kapnik.** — Le gîte de Kapnik est très analogue. On y rencontre également, au contact des deux trachytes, un système de filons $H_6$. Le remplissage est semblable à celui des parties non quartzeuses de Felsobanya et contient beaucoup de réalgar. En

[1] *Ann. d. M.* de 1884.

outre, un second système de filons plus récents est parallèle à ceux de Nagybanya ($H_{2-3}$). Il contient du quartz pyriteux qui a imprégné la roche au contact. On y trouve, dans des géodes, des cristaux célèbres.

**Olah-Lapos-Banya.** — A *Olah-Lapos-Banya*, le trachyte amphibolique a métamorphisé les couches tertiaires. Les filons, à la traversée de ce trachyte, sont semblables à ceux de Kapnik ; mais, quand ils pénètrent dans les couches tertiaires, ils ne contiennent plus que du quartz avec imprégnation de pyrite.

Pour les mines, à minéraux tellurés, de Nagyag et d'Offenbanya, nous renvoyons, plus loin, au chapitre des *Tellurures*[1].

Nous ajouterons seulement quelques mots sur le *traitement industriel des minerais d'or en Transylvanie.*

Avant 1854, le traitement était un monopole du gouvernement ; à cette époque, il devint libre ; mais, à partir de 1870, les mines s'étant appauvries, le gouvernement hongrois dut venir en aide aux industriels en reprenant la métallurgie à son compte. On supprima alors les diverses usines, pour ne conserver que celles de Zalathna, Csertès et Offenbanya ; puis on arrêta les deux dernières pour ne garder que Zalathna (1884). L'or et l'argent natif sont, d'ailleurs, extraits par amalgamation près des mines, et l'usine n'a à traiter que les minerais et les schlichs où l'or est, en partie, combiné.

Voici quelques chiffres.

En 1871, 1872, 1873, la production annuelle (indépendamment de l'argent aurifère natif) a été de 1 328 tonnes de minerais donnant 546 kilogrammes d'argent aurifère (657 000 francs), par suite à une teneur de 34 grammes d'argent aurifère aux 100 kilogrammes.

En 1877, la production a été de 1 194 tonnes donnant 212 kilogrammes d'or, et 327 kilogrammes d'argent, avec 1 246 kilogrammes de plomb, 4 798 de cuivre et, par amalgamation, 654 kilogrammes d'or et 298 d'argent : soit, en tout, 866 kilogrammes d'or et 625 d'argent ; valeur, 8 millions.

En 1876, le nombre des ouvriers occupés aux mines était de 6 613.

[1] Page 947.

A partir de ce moment, on a introduit un traitement perfectionné, qui a été décrit par M. Beaugey[1].

En 1882, on a produit 1 500 tonnes de minerais tenant 26 à 30 grammes d'or aux 100 kilogrammes.

En 1890, la production a été de 2 130 kilogrammes d'or.

Le traitement actuel comprend :

1° Concentration de l'or et de l'argent par grillage, fusion, pulvérisation de la matte et attaque à l'acide sulfurique.

2° Fonte plombeuse, donnant un plomb riche, qui passe à la coupellation, et une matte d'où l'on extrait le cuivre.

Comme produits accessoires, on obtient du tellure, du soufre, du sulfure de carbone, des sulfates de fer et de cuivre, de l'acide azotique, etc.

*Bibliographie.*

1774. V. Born. — Briefe über mineralog. Gegenstände, p. 102.

1789. Müller V. Reichenstein.— Mineral. Geschichte der Gold Bergwerke im Vörösp ataker Gebirge.

1791. V. Fichtel. — Mineral. Bemerkungen. (*Bergbaukunde*, t. I, p. 37.)

1794. V. Fichtel. — Mineral. Aufsätze, p. 73.

1798. Esmark. — Miner. Reise durch Ungarn, Siebenburgen und Bannat, p. 114.

1803. Stütz. — Beschreibung des Gold und Silberbergwerks zu Szekerembe, bei *Nagyag*, in Siebenburgen.

1833 Boué et Lill de Lilienbach. — (*Mém. de la Soc. géol.*, t. I.)

Buckoway. — Descript. du district des mines de *Nagyag* dans le *Journal de géologie* de Boué, t. II, p. 279.)

1839. Grimm. — Bergbaukunde, p. 4, 9, 11, 31, 39, 51, 57 et 63.

1845. Knöpfler. — Mittheil des Osterlandes, t. VIII, 2e série, p. 216 et 283.

1851. V. Hauer. — Sur *Vöröspatak*. (*Jahrb. der geol. Reichs*, n° 4, p. 63.)

1851. Neugeborn. — Abhandl. des siebenbürgischen Vereines der Landeskunde, p. 70, 75, 86 et 89.

1852. Grimm. — Sur *Vöröspatak*. (*Jahrb. der geol. Reichs.*, p. 54.)

1855. Zerrenner. — *Oester. Zeits. f. B. u. H.*

1855. V. Hauer et Fötterle. — Sur *Offenbanya*. (*Übersicht der Bergbaue*, p. 59.)

1856. Grimm. — Geognosie für Bergmänner; passim.

1857. Hingenau. — Jarhb. d. geol. Reichsanst, p. 82.

1858. Hingenau. — Amtlich. Bericht über die Vesamml. deutsch Naturforscher zu Wien, p. 6.

1860. V. Richtofen. — (*Jahrb. d. K. K. geol. Reichs.*, t. IX, p. 153 et 238.)

[1] *Ann. d. M.*, 1884, 8, t. VI, p. 453.

1861. Cotta, p. 272, et *B. u. H. Zeit.*, 1861, p. 81.
1866. Höfer. — Sur Nagyag. (*Jahrb. d. K. K. geol. Reichs.*, p. 1.)
1867. Poszepny. — Sur *Vörösputak*. (*Jahrb. der K. K. geol. Reichs.*, p. 99.)
1869. Grimm. — Die Lagerstätten der nutzbaren Mineralien, p. 105.
1869. V. Beust. — Sur *Rodna*, p. 367.
1870. Poszepny. — Sur *Rodna*. (*Jahrb. d. K. K. geol. Reichs.*, p. 19, et 1865, p. 183.)
1870. Grimm. — Sur *Rodna*. (*B. u. H. J. aulrichien*, p. 170.)
1874. Dalter. — Sur *Vörösputak*. (*Jahrb. d. K. K. geol. Reis.*, p. 7.)
1875. Pozepny. — Uber das Vorkommen von gediegenem Gold in den Mineralschalen von *Vörösputak*. (*Verh der K. K. geol. Reichs*, p. 97.)
1876. V. Rath. — Sur *Vörösputak*. (*Niederrhein. Ges. für Nat. u. Heil Kunde Bonn.* — Cf. 1878, *Ann. d. M.*, 7e, t. XIII, p. 400.)
1877. Goldlagerstätte von *Vörösputak*. (*Bonn. Natur Vereins*, 4e série, t. IV, p. 80.)
1878. *Mining journal*, p. 140.
1878. V. Rath. — Sur *Rodna*. (*Zeitschr. d. d. geol Gesellsch.*, t. XXX, p. 556.)
1879. Groddeck, p. 219.
1880. Szygmondi. — Etude sur les filons d'or de *Vulkoy botes*.
1881. Ilesky. — Beschreibung des Boteser, Jakob. u Anna Bergbaues (manuscrit).
1884. Beaugey. — Le traitement des minerais d'or à *Zalathna*. (*Ann. d. M.*, 8e, t. VI, p. 453.)
20 nov. 1886. The transylvanien gold mining Company. (*Bull. d. Mines.*)
1886. Fuchs. — Rapport sur *Vulkoy Botes*.
1888. Davies, p. 38.

## GISEMENTS AURIFÈRES DU BRÉSIL (MINAS GERAES)[1]

Les gisements aurifères du Brésil et, notamment, ceux de la province de Minas Geraes sont, en général, encaissés dans des micaschistes ou schistes anciens ; ils se présentent sous des formes diverses, où la pyrite de fer, plus ou moins arsénicale, semble toujours jouer un rôle. On y rencontre, en outre, particulièrement à Passagem, une association remarquable de l'or avec le mispickel, la pyrite, le bismuth et la tourmaline, association qui correspond à ce que nous avons dit, plusieurs fois, sur le rapprochement à établir entre l'or et l'étain.

On peut distinguer, dans ce pays :

1° Des filons de quartz aurifère avec minerais sulfurés rares (Carapatos, Caété, etc.) ;

[1] Coll. *Ecole des Mines*, nos 1755 à 1769.

2° Des filons aurifères, où prédominent les sulfures, quelquefois altérés et transformés en limonite; en particulier, le mispickel, parfois associé avec de la tourmaline, la pyrite, la pyrrhotine, le bismuth et, à l'occasion, la galène (Passagem, Pary, Faria, Morro Velho);

3° Des minerais d'or avec fer oligiste (produit de décomposition de la pyrite), oxyde de manganèse et quartz, dans les itabirites (ou jacutinga). On a affaire là à des imprégnations sulfureuses des couches de grès, imprégnations d'un âge difficile à préciser, mais qui, par leur décomposition, ont formé de grandes couches de minerais de fer (itabirite) à Maquiné [1], etc.

On peut rattacher, à ce type, des formations superficielles, souvent très riches, d'ocres aurifères.

1° Les *filons de quartz aurifère* du Brésil ont souvent un caractère spécial à cause de leur encaissement dans les schistes, qui a produit leur dissémination en veines nombreuses.

Un des plus importants est exploité à *Carrapatos* et *San Luiz de Encanto* (Caété).

A Carrapatos (Soc. Matheus Reis et C^ie^), le filon de quartz, assez irrégulier, recoupe des schistes ; il contient souvent de l'or en grains visibles ; parfois aussi, l'or forme, sur les schistes adhérents au quartz, une sorte de couche de vernis d'une grande richesse. Ces mines avaient, en 1889, 16 bocards.

Un filon analogue se trouve, au milieu de schistes micacés, devenus aurifères au contact, sur le flanc de l'Itacolumy de Marianna, à 5 kilomètres Est de la ville (mines de Joâo Julio Alvarenga et de Tinoco). Celui-là est composé d'une série de petites veines, presque verticales, constituant un faisceau Nord-Sud très prolongé. Le quartz est grenu, friable et contient souvent de l'or visible (17 à 30 grammes par tonne sur certains échantillons). Les exploitations, qui se poursuivent en petit et à ciel ouvert depuis le commencement du siècle, n'ont porté, jusqu'ici, que sur les affleurements, où l'or est accompagné de limonite et de fines mouches de manganèse cobaltifère avec nids de pyrite martiale, en partie altérés; il est probable qu'en profondeur on trouverait des sulfures.

[1] Voir page 941, et tome I, page 730.

2° Comme exemple du type, assez spécial au Brésil, des filons d'or à gangue de mispickel, tourmaline et quartz, on peut citer la mine de *Passagem*, située à 7 kilomètres d'Ouro Preto sur le chemin de Marianna. Le gisement exploité est un filon couche encaissé entre des itabirites et des schistes micacés où, en dehors du mispickel et de la tourmaline, on trouve de la pyrite, de la pyrrhotine, de la galène et du bismuth. Ce dernier existe, au moins en partie, à l'état métallique ; car, dans l'amalgamation, on le trouve joint à l'or. Certaines masses de mispickel de Marianna, à Passagem, tiennent 189 grammes d'or à la tonne ; d'autres minerais, mélangés de tourmaline, galène, etc..., environ 80 grammes [1].

Ces mines sont exploitées par la compagnie « Ouro Preto Gold Mining » qui avait, en 1889, 56 bocards ordinaires et 20 californiens et qui a produit, du 1er juillet 1887 au 1er juillet 1888, 270 kilogrammes d'or,

A *Pary*, la « *Santa Barbara Gold Mining Company* » exploite un filon-couche encaissé au milieu de schistes amphibolifères, filon-couche, lui-même très chargé d'amphibole et grenat, semblant provenir d'une strate préexistante, imprégnée par la venue métallifère. Le minerai est un mispickel aurifère accompagné de pyrites ; l'extraction a été, en 1887, de 196 kilogrammes d'or.

Ce sont également des mispickels et pyrites aurifères qu'une Compagnie française commence à exploiter à *Faria*.

A *Morro Velho* (S. John d'el Rey Gold Mining Company), on a des mispickels accompagnés de pyrites, pyrites magnétiques, chalcopyrites, etc... tenant 82 grammes d'or à la tonne, etc... La gangue comprend parfois calcite et sidérose.

Ailleurs, l'or accompagne des galènes argentifères dans des quartz, comme à *Varado*. Un échantillon de cette mine a donné, à l'analyse, 5 p. 100 de plomb et, pour 100 kilogrammes de plomb d'œuvre, 42gr,85 d'or et 104gr,30 d'argent.

3° Les itabirites renferment fréquemment des couches d'imprégnations sulfurées qui, en certains endroits, se sont transformées en oxyde de fer sur de grandes étendues. C'est encore à cette origine que se rattachent plusieurs des minerais de fer, à 67 p. 100

[1] Coll. de l'*École des Mines*, n° 1763.

de fer, du Brésil, en particulier ceux de Pittanguy, de Cattas Altas, d'Itabira, de Matto Dentro, etc. En même temps que cette décomposition se produisait, l'or se concentrait en veinules dans des ocres ferrugineuses ou en grains dans des itabirites corrodées et devenues friables. Un gisement de ce genre a été exploité à *Maquiné*, à 3 kilomètres de Marianna (dom Pedro North d'el Rey C°). On a rencontré là une couche d'itabirite friable et poussiéreuse, (jacutinga), intercalée entre des roches du même genre compactes et stériles, qui a présenté des lignes d'une extraordinaire richesse, quelquefois formées de pyrites d'or, et tenant jusqu'à 80 kilogrammes d'or à la tonne. Avec l'or, il existe de l'oligiste et de l'oxyde de manganèse.

Les travaux, commencés en 1865, ont, de 1867 à 1869, produit plus de 2 500 000 francs d'or et remboursé le capital à leurs actionnaires. Ils ont été momentanément arrêtés par l'invasion des eaux ; mais on s'occupe de les reprendre.

Quant aux types de limonite et d'ocre ou argile aurifère, ils sont assez fréquents. Les limonites de *San Joao da Barra*, provenant de pyrites altérées, tiennent, par endroits, jusqu'à 260 grammes d'or ; ailleurs 25 grammes seulement ; les argiles ferrugineuses de *Bugres* tiennent 28$^{gr}$,5.

*Bibliographie.*

1875. Gorceix. — Or à Lavras (Rio Grande du Sud). (*Ind. min.*, 2$^{e}$, t. IV, p. 361.)

* 1878. Correa da Costa. — Estudo geologico da regiao de S. Bartholomen e da mina da Tapera perto de *Ouro Preto*. (*Archivos do musen nacional do Rio de Janeiro*, t. III. Rio-de-Janeiro, 1878.)

1879. Dietzsh. — *Brasiliens* Gold Bergbau. (*B. u. H. Z.*, 1879, p. 350.)

Landsberg. — Ueber die Goldlagerstätten in *Brasilien*. (*Verhandlungen des naturhistorischen Vereines*, 5$^{e}$ série. 3$^{e}$ année, p. 63. Bonn.)

1882. Derby. — Gold bearing rocks of the province of *Minas Geraes*, Brazil. (*Am. journ. of Science*, t. XXIII, n$^{os}$ 135-136, p. 278. Newhaven, mars 1882.)

O.-A. Derby. — Peculiar modes of occurrence of gold in *Brazil*. (*Am. J. of Sc.*, t. XXVIII, p. 440. Newhaven, 1884.)

188 . Landsberg. — Uber die Goldlagerstätten in *Brasilien*. (*Verhandlungen des naturhistorischen Vereines der preussischen Rheinland, Westfalens und des Regierungs Bezirks Osnabruck*, 5$^{e}$ série, 3$^{e}$ année, p. 63. Bonn, 188 .)

* 1889. Notice pour l'Exposition Universelle.

Voir, en outre : Annales de l'Ecole des mines de Ouro Preto (passim).

## FILONS AURIFÈRES DE SANTA CRUZ (HONDURAS)

On exploite, depuis 1881, des filons aurifères à *Santa Cruz*, province de Santa Barbara (Honduras), à 125 kilomètres de Puerto Cortès, qui est le seul port du Honduras sur l'océan Atlantique. Le principal filon a été reconnu sur 160 mètres de long et a une puissance moyenne de 2 mètres ; le remplissage est formé de quartz et mispickel aurifère, avec traces de galène. La moyenne du rendement, dans les 20 premiers mètres d'enfoncement, a été de 25 à 30 grammes, dont les 5/6 directement amalgamables. En 1885, la production a été de 134 kilogrammes d'or en lingots et 40 kilogrammes dans les concentrés. Cette entreprise s'est heurtée à de grandes difficultés pour le recrutement de la main-d'œuvre [1].

En dehors de ces filons, on extrait une certaine quantité d'or de filons argentifères situés sur la côte du Pacifique. Il se trouve également quelques placers aurifères dans les districts Sud bordant le Nicaragua [2].

Dans le *Nicaragua* même, M. Mierisch a reconnu, en 1892, quelques filons de quartz avec pyrite aurifère à Cuicuina, la Concepcion et Pis-pis, sur le haut cours du *Prinzapolca*.

## FILONS TELLURÉS

Les *minerais tellurés* que l'on rencontre, soit au Colorado, soit en Transylvanie, sont les suivants :

Tellurures de bismuth :

*Tetradymite :* $Bi^2 Te^3$.

| | |
|---|---|
| Bismuth | 52,00 |
| Tellure | 48,00 |

Un atome de tellure peut être remplacé par un atome de sélénium ou de soufre, et la formule devenir :

$Bi^2 Te\ Se$ ou $Bi^2 Te^2 S$.

[1] 1886. Lock, p. 100. *Bulletin des Mines*, 16 octobre 1886.
Dans le Honduras se trouvaient les fameuses mines de Corpus Christi.

[2] 1855. Squier : Notes on Central America (New-York).
1893. Mierisch : Goldgebieten im Osten von Nicaragua. (*Petermanns Mitt.*, 1893, p. 25.)

**Tellurure de nickel :**

*Mélonite :* $Ni^2 Te^3$.

| | |
|---|---|
| Nickel | 23,51 |
| Tellure | 76,49 |

**Tellurure de plomb :**

*Altaite :* Pb. Te.

| | |
|---|---|
| Plomb | 61,79 |
| Tellure | 38,21 |

Une partie du plomb peut être remplacée par de l'argent (jusqu'à 1 p. 100).

**Tellurure d'argent :**

*Hessite :* $Ag^2 Te$.

| | |
|---|---|
| Argent | 62,79 |
| Tellure | 37,21 |

Traces de fer, de plomb et de soufre ainsi que d'or.

**Tellurures d'or et d'argent :**

*Petzite :* $Au^2 Te + n Ag^2 Te$.

Au Colorado et en Californie, on trouve, en général, n = 3, ce qui correspond à la composition suivante :

| | |
|---|---|
| Or | 25,25 |
| Argent | 41,75 |
| Tellure | 33,00 |

*Sylvanite* proprement dite : $[(Au, Ag)^2 Te^3]$.

*Schrifterz :* formules variables :

| | $4\,Au\,Te^2 \quad 3\,Ag\,Te^2$. | $Au\,Te + Ag\,Te^2$ |
|---|---|---|
| Or | 27,03 | 24,03 |
| Argent | 11,17 | 13,23 |
| Tellure | 61,80 | 62,74 |

Traces d'antimoine, de plomb et de cuivre.

**Variétés de tellurure d'or et d'argent :**

Le *Weisstellur* ou *Gelberz* contient jusqu'à 8,5 p. 100 d'antimoine et près de 14 p. 100 de plomb.

La *Müllerite* contient 19 p. 100 de plomb.

*Calavérite :* $7\,Au\,Te^2 + Ag\,Te^2$.

| | |
|---|---|
| Or | 39,01 |
| Argent | 3,06 |
| Tellure | 57,93 |

Autre formule : $10\,Au\,Te^2 + Ag\,Te^2$.

Tellurure de mercure :

*Coloradoite :* Hg. Te.

Echantillons provenant des mines Smuggler et Reystone (comté de Boulder) :

| | Smuggler | Reystone |
|---|---|---|
| Quartz et or | 6,36 | 6,83 |
| Mercure | 55,80 | 52,28 |
| Argent | 2,42 | » |
| Cuivre et Zinc | traces | » |
| Fer | 1,35 | 2,44 |
| Tellure | 36,24 | 42,95 |
| Sesquioxyde de vanadium | » | 0,70 |
| Magnésie | » | 0,11 |
| Chaux | » | 0,84 |
| | 99,27 | 99,32 |

Sulfo-tellurure :

*Nagyagite* (Blättererz).

| | |
|---|---|
| Plomb | 60,55 |
| Tellure | 17,63 |
| Or | 5,91 |
| Antimoine | 3,77 |
| Soufre | 9,72 |

La *Nagyagite* peut contenir jusqu'à :

9 p. 100 d'or.
0,5 — d'argent.
et 1,3 — de cuivre.

Produits d'altération :

*Acide tellureux :* $Te O^2$.

*Tellurite de mercure* (magnolite) : $Hg^2 Te O^4$.

*Tellurite de fer :* $Fe Te O^6$.

Enfin, il existe encore du *tellure natif*, rarement pur comme le montrent des analyses suivantes :

| | TELLURE NATIF de Magnolia | TELLURE NATIF de la mine Mountain Lion (Magnolia) | MINE JOHN JAY (Boulder) | |
|---|---|---|---|---|
| Tellure | 96,91 | 55,86 | 58,40 | 71,36 |
| Or | 0,60 | 1,38 | 1,36 | 7,36 |
| Argent | 0,07 | 0,25 | Traces | » |
| Silice | » | 34,72 | 11,34 | 13,86 |
| Plomb | » | » | Traces | 4,81 |
| Vanadium (sesquioxyde) | 0,49 | » | » | » |
| Alumine, magnésie, chaux et pyrites de fer | 1,93 | 6,80 | 4,37 | 1,53 |
| | » | » | 24,92 | 0,88 |
| TOTAUX | 100 | 99,01 | 100,59 | 99,80 |

# TELLURURES D'OR DU COMTÉ DE BOULDER (COLORADO)[1]

Les tellurures d'or et d'argent ont été découverts, au Colorado, en 1873, dans le comté de Boulder. Après une période d'incertitudes et de recherches au sujet du traitement adopté, ils ont été mis en exploitation.

Les *gisements* de ces minerais sont situés dans le comté de Boulder, à la hauteur du Park du centre, au Nord des comtés de Gilpin et de Jefferson, dans les Front Range.

Les roches des Front Range se composent principalement de gneiss, granites et schistes métamorphiques, sur lesquels reposent, à l'Est : les « red beds », sans doute triasiques, les schistes jurassiques, le crétacé et la formation des lignites du Colorado, à la suite de laquelle commencent immédiatement les grandes plaines.

Les filons de tellurures appartiennent à un système très net de fractures, qui occupe une zone Nord-Est, large de 6 à 8 kilomètres, exploitée d'abord et surtout entre le Boulder Creek et le Left hand Creek, mais se prolongeant, vers le Sud, jusqu'au comté de Gilpin.

Ces filons contiennent un remplissage, zoné parallèlement aux épontes, dont la gangue est toujours quartzeuse et mélangée de pyrite, d'un peu de chlorite, de talc, à l'occasion de spath-fluor. Le quartz est, en général, pétrosiliceux, et renferme les tellurures, soit sous forme de cristaux en mouches, soit à l'état d'imprégnation invisible colorant la masse en noir ; parfois aussi, il est verdâtre.

Parmi les minerais tellurés, la sylvanite est, de beaucoup, la plus fréquente; puis viennent la hessite et la petzite. L'or natif existe en fils, en écailles ou en nodules; on trouve, en outre, quelques sulfures métalliques, tels que les pyrites de fer et de cuivre, la blende, la galène.

La richesse est extrêmement irrégulière ; la moyenne du minerai proprement dit valait, en 1878, environ 150 francs la tonne.

[1] Coll. *Ecole des Mines*, n° 2005.

Parmi les mines exploitées, nous citerons surtout celles de Magnolia (Mountain Lion et Keystone), qui travaillent sur un même filon, ayant $0^m,90$ à 3 mètres de puissance, mais ne payant les frais que sur $0^m,2$ à $0^m,6$; puis Melvina, où le filon a, en moyenne, $0^m,73$, dont $0^m,1$ à $0^m,3$ payant. Là le remplissage est formé de zones alternatives de quartz pétrosiliceux, de feldspath, avec substances chloriteuses, etc..., et contient beaucoup de spath-fluor.

Le minerai de tellurures a donné, tout d'abord, de grandes difficultés aux métallurgistes du Colorado. On ne peut, en effet, ni l'amalgamer ni le griller, et la concentration en est difficile. En 1878, on estimait que les minerais portés à l'usine devaient valoir 400 à 500 francs la tonne pour être avantageux. Pour atteindre cette valeur, on a perfectionné, de plus en plus, les appareils de préparation mécanique (pulvérisation et frue vanning). A la sortie de la mine, on commence par trier en 2 catégories : le minerai à fondre (smelting ore) et le minerai à bocarder (milling ore).

Les résidus concentrés du traitement aux mills sont fondus par addition avec d'autres minerais (pyrites aurifères, minerais argentifères grillés, etc...); par exemple, à l'usine de Black Hawk. Le traitement adopté à cette usine a été décrit, dans les *Annales des Mines*, par MM. Sauvage et Rolland.

### *Bibliographie.*

1868. Simonin. — Sur les mines d'or du Colorado. (*B. S. G.*, 2e, t, XXIV, p. 684.)

1873. Sauvage. — Traitem. des minerais d'or et d'argent à l'usine de Black Hawk (Colorado). (*Ann. d. M.*, 7e, t. VIII.)

1873. Hayden. — Survey of Colorado.

1875. Whecler. — Survey west of the 100 th meridian, t. III.

1878. Rolland. — Tellurures d'or et d'argent du comté de Boulder (Colorado). (*Ann. d. M.*, 7e, t. XIII, p. 159.)

1886. Mitchell. — Report on the Utica and Idaho mines (Boulder County). Denver, Colorado.

1887. The Nil desperandum gold mines in gold hill mining district (Boulder County)

1891. Whitman Cross. — Geology of the Rosita Hills Custer C, Colorado. (*Proc. of the Colorado Sc. Soc.*, July 1890.)

# TELLURURES D'OR DE LA TRANSYLVANIE

Nous avons exposé, plus haut [1], les conditions générales du gisement de l'or en Transylvanie; nous nous contenterons de décrire ici les principales mines de tellurures qui s'y rencontrent : Nagyag, Offenbanya et Rodna.

**Nagyag.** — La mine de Nagyag est située dans le Sud-Ouest de la Transylvanie, entre les rivières de Maros et d'Aranyos. On y exploite des filons bien caractérisés, encaissés dans le trachyte amphibolique, filons à minéraux tellurés.

Ces filons, dont la puissance est de $0^m,07$ en moyenne, mais varie depuis l'épaisseur d'une lame de couteau jusqu'à 2 mètres, sont extrêmement irréguliers. Ils présentent, à un haut degré, le caractère de fissures réticulées, locales et limitées.

C'est ainsi qu'on y a cité des filons parallèles, disparaissant à une certaine profondeur pour faire place à d'autres filons également parallèles entre eux, mais de direction entièrement différente (parfois perpendiculaire à la première), qui eux n'arrivent pas jusqu'au jour. D'autres filons sont nettement limités dans tous les sens au milieu même de la roche et cessent aussi bien en profondeur et en hauteur qu'en direction.

La région est composée de couches miocènes d'argile rouge, de grès, de conglomérats et de calcaires traversées par un trachyte amphibolique (ou propylite). Ce trachyte amphibolique empâte des blocs, de plusieurs centaines de mètres cubes, de grès et de conglomérats tertiaires, qui, par un phénomène assez singulier, ne présentent eux-mêmes aucun métamorphisme, mais semblent avoir provoqué, dans la roche, au voisinage, le développement du feldspath blanc.

Le trachyte et les blocs empâtés sont recoupés par des filons, appelés filons de *glauch*, composés d'une sorte de dacite, analogue à une diabase, englobant des fragments de la roche encaissante et parfois des nodules de quartz. Ces filons de glauch ont de quelques

[1] Voir pages 930 à 938. Nous devons la description de ces filons tellurés à V. Groddeck, p. 222 et suiv.

millimètres à un mètre de puissance. Ils semblent avoir été suivis, à leur tour, par les filons métallifères, qui leur sont généralement parallèles, mais les recoupent à l'occasion. L'influence de la roche encaissante, tant sur l'allure des fentes que sur leur remplissage, est ici extrêmement nette.

Les filons métallifères sont peu puissants dans le trachyte dur, puissants et riches dans la roche de dureté moyenne, fortement ramifiés dans la roche tendre; au passage d'une roche dans l'autre, ils se divisent généralement et ne pénètrent jamais dans un amas bréchiforme voisin, appelé amas Rodolphe, qui contient des fragments de trachyte amphibolique cimentés par de la rhyolithe.

La nature du remplissage rapproche ces filons de ceux de tellurure d'or du Colorado; l'or s'y trouve à l'état natif avec la nagyagite, la sylvanite, l'argent telluré, le tellure natif, l'alabandine et la pyrite de fer; la gangue comprend surtout du quartz et du jaspe avec diallogite, braunspath et calcite; plus rarement, on rencontre du gypse avec lamelles d'or interposées, de la barytine, de l'arsenic natif, de la pyrite magnétique, de la chalcopyrite, du cuivre gris, de la bournonite, de la galène, de la stibine, de l'hétéromorphite, de la blende, du réalgar, de l'orpiment, du soufre natif, etc. Ce remplissage est, jusqu'à un certain point, en relation avec la roche encaissante.

On trouve, dans le trachyte amphibolique, la nagyagite, l'alabandine, la diallogite et, comme minéraux subordonnés, la galène, la blende, le cuivre gris argentifère et le quartz, tandis que, dans les fragments de conglomérats, on rencontre la sylvanite, le quartz et le cuivre gris ordinaire.

Jusqu'à la profondeur de 400 mètres, on n'avait pas constaté de diminution sensible de la richesse. Mais, depuis une dizaine d'années, un appauvrissement notable s'est fait sentir.

**Offenbanya.** — Offenbanya se trouve dans la partie Sud-Ouest de l'Erzgebirge de Transylvanie, entre les rivières d'Aranyos et de Maros, au Nord-Ouest d'Abrudbanya. La région comprend des schistes cristallins, principalement des micaschistes, avec intercalation de calcaires grenus et des couches tertiaires traversées par des roches éruptives tertiaires, des trachytes amphiboliques (ou propylites).

Ce trachyte, très altéré, contient des fentes de deux centimètres et demi de puissance, dites filons de tellure, renfermant de l'or natif et des tellurures (sylvanite), avec quartz, calcite, braunspath, diallogite, pyrite, blende, alabandine, cuivre gris, galène, argent natif et argent rouge. Les filons de tellurure sont traversés par des failles siliceuses et pyriteuses, qui y produisent un enrichissement.

En outre, il s'est développé, au contact de la propylite, dans le calcaire grenu des micaschistes, des gîtes métamorphiques analogues à ceux du Banat, qui contiennent : pyrite de fer, galène, blende, alabandine, psilomélane, stibine, cuivre gris, etc.

**Rodna.** — On retrouve, à Rodna, en Transylvanie, des conditions de gisement analogues. Rodna est situé à la naissance de la rivière de Szamos. Le terrain environnant est formé de schistes cristallins avec calcaires grenus recouverts par du tertiaire. Ces terrains sont recoupés par des andésites, au contact desquelles il s'est développé, dans le calcaire, des amas métallifères, formés, d'après Poszepny, dans l'ordre suivant : 1° pyrite de fer et quartz ; 2° galène, blende et mispickel ; 3° dolomie et calcite. Ces minerais sont toujours argentifères et aurifères [1].

## 2° GISEMENTS D'OR SÉDIMENTAIRES

L'or, contenu dans une strate déterminée d'un terrain sédimentaire, peut, ou bien provenir du remaniement de gisements antérieurs, ou s'être précipité directement pendant le dépôt du terrain. Le premier cas est assurément le plus fréquent : c'est celui de la majeure partie des alluvions aurifères et, probablement aussi, des grès et conglomérats aurifères, exploités ou simplement reconnus à divers niveaux, dans le dévonien du Transvaal, le silurien du Queensland et de la Tasmanie, le carbonifère de la Nouvelle-Zélande, etc. Il semble bien, cependant, que le second cas s'est présenté aussi et que l'or, principalement sous forme de pyrite aurifère, peut-être aussi à l'état d'or natif, ait cristallisé pendant la sédimentation même de certaines couches. Le fait n'a rien que de

[1] Voir la bibliographie, page 937.

conforme avec ce que nous savons sur le mode de formation de nombreux minerais métalliques; la pyrite, si souvent associée avec l'or, s'est déposée constamment dans ces conditions, et l'on en connaît des cubes bien nets et non roulés [1] dans des schistes, des grès, etc.; si l'on réfléchit, dès lors, que l'or est assez facilement soluble dans une eau chargée d'azotates ou de chlorures, puis qu'il en est précipité par les mêmes actions réductrices produisant le précipité de sulfures, on concevra que de la pyrite aurifère ait pu cristalliser dans un terrain en formation.

Il ne serait pas impossible que certains chloritoschistes aurifères, comme ceux de Randolff, en Californie, des grès aurifères, comme les itacolumites du Brésil, eussent cette origine. On a même été plus loin et l'on a, à diverses reprises, avancé cette idée que l'or des placers californiens ne résultait pas de la simple destruction mécanique des filons de quartz voisins, comme on est, tout d'abord, disposé à le croire, mais avait été précipité en même temps que la silice, habituel ciment des conglomérats, par des eaux qui le tenaient en dissolution. Pour expliquer sa présence dans ces eaux, les uns, comme M. Laur, ont, d'ailleurs, supposé que les venues hydrothermales, dont la circulation dans les fentes avait incrusté d'abord des filons, s'étaient ensuite épanchées à la surface avec leur excès d'éléments minéraux, or, silice, etc.; les autres, comme Lock, que l'or, préexistant dans les terrains, avait été chimiquement dissous par des eaux superficielles plus ou moins chargées de sel et reprécipité en présence de matières organiques. Quoi qu'il en soit, il semble que ceux qui ont étudié de près les placers soient d'accord pour admettre qu'un simple phénomène de préparation mécanique n'explique pas suffisamment certains faits, tels que le volume de diverses pépites, leur forme cristalline intacte (alors que l'eau a dû, tout autour, détruire le quartz dur et résistant [2]), leur composition chimique plus pure, etc.

[1] Au Transvaal même, on connaît des grès, avec gros cristaux de pyrite parfaitement anguleux (d'ailleurs non aurifères, au point spécial où on les a étudiés), qui ont dû certainement se former sur place.

[2] Les paillettes d'or extraites du quartz par bocardage, dans des conditions qui pourraient être comparables à la destruction naturelle d'un filon, n'ont jamais la forme de pépites, mais sont, au contraire, entièrement aplaties et minces. Il est vrai que le travail des brocards a pu contribuer à cet aplatissement.

Pour éclaircir ces faits, on a tenté une série d'expériences sur la solubilité de l'or dans diverses conditions [1]. Sonstadt démontra la solubilité de l'or dans l'eau de mer ; Bischoff, celle du sulfure d'or dans une dissolution saturée d'acide sulfhydrique, ou du chlorure d'or en présence de persels de fer. Dans la même voie, le professeur Egleston, de l'Ecole des mines de New-York, a essayé de mettre l'or en présence de divers réactifs pendant un temps très long, dans des tubes ouverts ou dans des tubes scellés, à des températures et pressions diverses. Il constata ainsi la réaction de l'or dans du chlorure de sodium, additionné d'une goutte d'acide azotique, en tube scellé, dans l'azotate d'ammoniaque mêlé de chlorhydrate d'ammoniaque en tube ouvert, au bout de quatre mois, dans une eau alcaline chargée de matières nitreuses, etc. Quant à la précipitation de l'or par le pétrole, le cuir, la tourbe, elle a été très facilement réalisée et a donné, avec la tourbe par exemple, de petites masses comparables à des pépites.

A ces expériences, M. Egleston a pu joindre la découverte, faite par lui dans une mine du Dakota, de filaments d'or natif ayant cristallisé sur des bois de mine trempant dans des eaux acides.

Il est donc parfaitement possible et même probable, comme nous l'avons déjà indiqué plus haut, que les actions de dissolution chimique aient pu se joindre aux actions mécaniques pour produire la concentration de l'or dans ses gisements.

Parmi les dépôts d'or sédimentaires, on peut ranger certaines couches du terrain primitif, où l'on trouve parfois de l'or, de même qu'on y exploite du sulfure de fer, de l'oxyde de fer, etc., intercalés en lentilles. On connaît des gneiss aurifères en Sibérie et dans les Alleghany. A Burnt Hickory (Georgie) [2], à Randolff, dans la Caroline du Nord et Dahlonga, en Georgie, on a exploité des schistes amphiboliques et chlorophyllites aurifères. Pour l'or de ces divers gisements, le même problème se pose que pour les autres minerais intercalés au même niveau. On doit se demander si les métaux sont réellement contemporains du dépôt primitif ou seulement des actions métamorphiques qui ont donné, à des terrains sédimentaires, l'aspect de gneiss, de micaschistes, etc.

[1] Voir Lock, p. 785.

[2] V. Groddeck, p. 165.

Les itacolumites aurifères du Brésil présentent déjà des caractères sédimentaires plus nets, en même temps que leur âge semble plus récent, peut-être silurien[1].

Au silurien également appartiennent, croit-on, certains poudingues aurifères du Queensland, de Tasmanie, de l'Inde, comparables à ceux, bien connus, qu'on exploite dans le dévonien du Transvaal. En Espagne (Sierra Jadena), on connaît également, dans le silurien, des quartzites aurifères; en Australie, dans la province de Victoria (Gippse Land), des schistes siluriens et dévoniens aurifères.

Dans les terrains plus récents, l'or sédimentaire est assez rare; cependant, en Australie, les remaniements des filons par les eaux ont produit des concentrations d'or dans beaucoup de terrains, depuis le houiller jusqu'au jurassique. On a même signalé de l'or dans une couche de charbon, à Newton, dans la terre de Van Diemen.

Dans la Nouvelle-Zélande, M. Horbert Cox a décrit, en plusieurs points, des terrains carbonifères contenant de l'or au-dessus de couches de charbon.

De même, dans le Nouveau-Brunswick, un conglomérat carbonifère contient de l'or visible avec des galets de quartz; un fait identique a été signalé pour le conglomérat carbonifère inférieur de la rivière Gay dans la Nouvelle-Ecosse, pour les grès quartzeux aurifères de la Nouvelle-Ecosse, etc.

En France même, la présence de l'or a été reconnue, paraît-il, dans les conglomérats houillers de la vallée du Gardon (Cévennes).

Puis, dans le permien de l'Inde, les couches de Talchir, appartenant au système de Gondvana, contiennent de l'or détritique.

Près la rivière Barcoo, au Queensland, on connaît de l'or dans des couches jurassiques, au voisinage d'ammonites; on prétend également que le calcaire liasique de la Grave, dans les Hautes-Alpes, en renferme des traces.

Enfin, à l'époque pliocène et pléistocène, nous avons, sous forme

[1] Nous renvoyons, pour leur description, à l'étude que nous avons faite des gîtes aurifères du Brésil, p. 938 à 942.

d'alluvions et de placers, les grands dépôts aurifères qui ont commencé la fortune de la Californie, de l'Australie, etc.

Nous allons passer rapidement en revue les principaux de ces gisements :

## AMAS AURIFÈRES HURONIENS DES ALLÉGHANY

La chaîne des monts Alléghany renferme, depuis la Nouvelle-Ecosse (près d'Halifax), au Nord, jusqu'à la Caroline du Sud et à la Géorgie, un certain nombre de gisements aurifères intéressants, qui se présentent sous forme d'inclusions à gangue quartzeuse et généralement pyriteuse, au milieu de talcschistes, chloritoschistes, quartzites, etc., huroniens. L'or s'y trouve, soit disséminé dans les chloritoschistes, soit inclus dans des lentilles de quartz allongées et aplaties, comme il en existe partout dans les micaschistes.

Parmi les gisements, on peut citer ceux de Halifax, découverts en 1861 ; de Val-Chaudière (Canada); du New-Hampshire; du Vermont; de Randolff (Caroline du Nord); de Dahlonega (Géorgie).

A *Randolff* (Caroline du Nord), il existe, en alternance avec des gneiss, des schistes amphiboliques passant à des chlorophyllites et ne présentant pas trace de sédimentation ni de transport, où l'or est, à l'état disséminé, le long de certaines veines. A la surface, ces bancs amphiboliques se sont généralement décomposés en argilites et l'or s'y est concentré avec de la limonite. A la mine Panish, on exploitait, en 1879, un banc de 1 à 2 mètres de large, interstratifié au milieu de schistes[1]; on peut rapprocher, de ce gisement, les mines Washington (Davidson County), Phœnix et Boger (Cabanas County).

A la *mine Haile* (district de Lancastre, 75 kilomètres au Nord de Columbia, Caroline du Sud), le terrain est formé de schistes talqueux et quartzifères traversés par des filons de diorite. Des amas de quartz vitreux, contenant de l'or natif et de la pyrite aurifère, sont interstratifiés dans les talcschistes. Les mêmes minerais se retrouvent dans les schistes eux-mêmes.

[1] Rapport manuscrit de R.-M. Eames.

A *Dahlonega* (Géorgie), d'après Credner, l'or se trouve au milieu de chloritoschistes feuilletés, d'un bleu verdâtre, compris dans un ensemble de schistes micacés, quartzites, etc... « Une zone déterminée de ces schistes qui n'est, d'ailleurs[1], limitée ni par des plans de stratification ni par des diaclases et dont l'épaisseur atteint au plus 8 centimètres, contient une quantité de lentilles quartzeuses de 1 à 3 centimètres d'épaisseur et 30 à 60 de longueur, ainsi que des sécrétions isolées, grosses comme une noix, de quartz blanc vitreux, qui n'existent pas dans les bancs voisins. Dans ce quartz et dans les schistes chloriteux, se rencontrent de petites écailles de bismuth telluré (tétradymite) avec un peu d'or natif[2], de la pyrite de fer, etc. L'or forme parfois des houppes, traversées de petits cristaux de quartz transparent et suspendues au schiste par un simple fil très fin. » La même association du bismuth telluré avec l'or natif en masses filiformes et ramuleuses se retrouve à Dahlonega dans des lentilles de quartz intercalées au milieu d'un gneiss syénitique dur. On l'a également signalée, en plusieurs points de la Virginie, par exemple à la mine *Whitehall* (Spotsylvania County) et à la mine *Tellurium* (Fluvanna County).

*Bibliographie.*

1866. H. Credner. — (*B. u. H. Z.*, p. 44 et 56 ; *Zeistr. dd. geol. Ges.*, p. 77.)
1867. Credner. — (*Neues Jahr. f. Min.*, 1867, p. 442, et *Zeitsf. d. gesam. Naturh.*, 1870, p. 20.)
1871. *Petermanns. Mitth.*, t. II, p. 41.
1884. V. Groddeck, p. 164.

## OR DES BLACKHILLS (DAKOTA)[3]

Les Blackhills du Dakota contiennent, d'après Newton et Jenney, de l'or dans des conditions comparables à celles que nous venons d'étudier aux Alléghany. Il existe là, sur le flanc Ouest, une série de micaschistes, schistes amphiboliques, quartzites et gneiss con-

[1] D'après Credner. *N. J. f. Min.*, 1867, p. 442, et von Groddeck, p. 164.
[2] Association, déjà mentionnée, de l'or et du tellure.
[3] Coll. *Ecole des Mines*, 1773.

tenant des lentilles interstratifiées de quartz avec de l'or finement disséminé. Sur le flanc Est, l'or est moins fréquent; cependant, il se présente aussi, dans certains bancs de quartzite, associé avec des dépôts d'hématite résultant évidemment de la décomposition de pyrites. Ces terrains primitifs semblent avoir fourni des traces d'or, qu'on trouve dans les grès de Postdam. Leur érosion récente a également donné de l'or d'alluvions.

*Bibliographie.*

1880. Henry Newton. — Geology of the Black Hills of Dakota. (*In Rep. Geol. and Res Black Hills, U. S. geol. Survey.*)
1880. Jenney. — Mineral resources of the Black Hills of Dakota (*ibidem*).
1882. Lock, p. 805.

## MINES D'OR DU TRANSVAAL (WITWATERSRAND)[1]

Les mines d'or du Transvaal ne sont guère exploitées que depuis 1886; mais elles ont pris immédiatement une importance considérable. En 1888, la République Sud-Africaine a exporté pour 22 millions d'or, en 1889 pour 36 millions, en 1890, pour 44 millions et demi (494 756 onces); en 1891, pour 78 millions (729 225 onces); en 1892 enfin pour 129 millions (1 210 865 onces).

La découverte de cette nouvelle Californie est bien récente: c'est en 1864 que Carl Mausch signala, le premier, les gisements d'or du Matabeland; en 1868, ceux de Lydenburg. En 1871, on trouva, dans la même région, les mines de diamants du Cap[2]; en 1834, M. D. Moodie entreprit une exploitation dans le district aurifère de de Kaap, à la mine de Sheba; enfin, en 1886, on trouva, par hasard, à 40 milles au Sud de Pretoria, l'immense gîte du Witwatersrand (zone des eaux blanches), qui nous occupera spécialement dans un instant. Depuis cette époque, on a annoncé encore l'existence de gisements merveilleux dans le Matabeland, le Mashonaland, etc.

[1] Coll. *Ecole des Mines*, n° 2009. Pour les détails sur ces gisements, nous renvoyons à un mémoire publié par nous aux *Annales des Mines* (janvier 1891) et à deux notes complémentaires insérées aux bulletins de janvier et juillet 1892.

[2] Voir, plus haut, tome I, page 10.

Le trait caractéristique de la géologie de l'Afrique méridionale [1], c'est, nous avons déjà eu l'occasion de le dire à propos des gîtes diamantifères du Cap, l'existence, au-dessus d'un soubassement de gneiss et de granite, de terrains anciens, siluriens, dévoniens et carbonifères, fortement plissés et érodés, que surmontent, à leur tour, en stratification discordante, les grands plateaux horizontaux du *Karoo* (permien à l'infralias). Les diamants du Cap sont dans des cheminées d'une roche éruptive recoupant ce Karoo ; l'or du Transvaal, et en particulier du Witwatersrand, existe, à l'état sédimentaire, dans des conglomérats dévoniens [2].

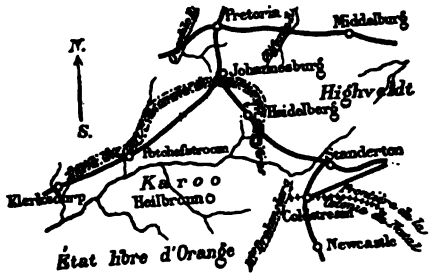



Fig. 384. — Ligne d'affleurement, des conglomérats aurifères du Witwatersrand au $\frac{1}{800.000}$.

Ces conglomérats se présentent sous la forme de bancs disloqués et discontinus, appelés *reefs* ou filons, dont l'ensemble a été suivi sur une centaine de kilomètres de long. D'une façon générale, on peut dire qu'ils forment probablement une sorte de grande cuvette dont on ne connaît que la moitié Nord, entre Potchefstromm et Klerksdorp à l'Ouest, Johannesburg au centre, Heildelberg à l'Est (fig. 384); la moitié Sud, si elle existe, étant tout entière masquée par les terrains supérieurs du Karoo.

Les travaux fructueux portent surtout sur le *Main reef* (ou reef principal), qui a déjà été mis à jour sur un parcours de plus de 30 kilomètres. Il est constitué, lui-même, par un faisceau de cinq veines : la veine Sud, de 20 centimètres à 1 mètre de puissance, qui tient jusqu'à 10 et 12 onces d'or [3] à la tonne ; une veine de 2 mètres (*main reef proper*), un peu négligée parce qu'elle ne

[1] Voir, au tome I, page 12, la carte (fig. 2) esquissée par nous d'après divers documents anglais ou allemands.

[2] Récemment, M. Maidment a considéré les conglomérats aurifères comme précambriens; nous avons analysé et discuté son travail au *Bulletin des Annales des Mines*, de juillet 1892.

[3] L'once (31gr,1034) vaut environ 107 francs.

donne plus qu'une once d'or à la tonne; enfin la veine du Nord, de 30 centimètres à 1 mètre, donnant moins de 1 once d'or à la tonne. Dans ce main reef lui-même, la partie centrale a seule, jusqu'ici, produit des résultats considérables.

Parmi les compagnies situées dans cette région, nous citerons Robinson, Langlaagte, Jumpers, etc.

Les conglomérats aurifères exploités sont formés, tantôt exclusivement de galets de quartz vitreux ou hyalin, généralement plus petits qu'un œuf et cimentés par une pâte siliceuse et ferrugineuse, tantôt de galets de roches diverses ; (quartzites, granites, etc.), associés au quartz. L'or, irrégulièrement réparti dans la masse, se trouve plutôt dans la gangue que dans les galets et surtout à la périphérie de ces galets. Lorsqu'on enlève l'un d'entre eux, on voit souvent la cavité tapissée de petits cristaux d'or. Le métal précieux paraît avoir été originairement contenu dans de la pyrite de fer, quoique la pyrite n'ait été rencontrée en abondance dans les mines du Witwatersrand qu'assez récemment. Cette anomalie apparente tient à ce que les exploitations se sont d'abord attaquées à la zone superficielle des conglomérats, zone où la pyrite, par une altération météorique très ancienne, avait été antérieurement transformée en oxyde de fer ou dissoute et emportée à l'état de sulfate par les eaux. Jusqu'à 40 ou 50 mètres de profondeur, on a donc travaillé sur des conglomérats plus ou moins désagrégés et ferrugineux, où l'or existait à l'état libre, facile à extraire, dès lors, par simple broyage et amalgamation : ce que les Anglais appellent un *free milling ore*. En s'approfondissant, les travaux ne trouvent plus, au contraire, que des pyrites aurifères, qui, d'ailleurs, ne présentent pas de difficultés spéciales et que la mine Robinson a commencé, depuis 1890, à traiter en grand par le procédé Plattner. La continuité en profondeur a été établie, tant par les travaux mêmes, descendus déjà, en un point, au village Main Reef, à près de 200 mètres, que par un sondage poussé jusqu'à 300 mètres; mais elle est accompagnée d'un appauvrissement[1].

Si l'on veut se rendre compte du *mode de venue de l'or*, on

[1] Voir, plus haut, page 885. La proportion moyenne de l'or contenu dans les

admettra, avec assez de vraisemblance, que cette pyrite aurifère est, au même titre que le quartz, le quartzite, le granite, etc., un des éléments de la formation sédimentaire du conglomérat, éléments empruntés à des terrains préexistants détruits par les eaux; on trouve, en effet, dans le gisement, des galets de pyrite roulés. La pyrite, étant plus friable que le quartz, a nécessairement contribué surtout à donner les éléments de la pâte à grain fin qui entoure les galets : d'où la richesse plus grande en or de cette pâte et cette destruction même a pu y concentrer l'or par une sorte de préparation mécanique. L'or proviendrait, dès lors, de filons de quartz et pyrite, antérieurs au dévonien, filons à peu près contemporains de ceux d'Australie, qui, recoupant le cambrien et le silurien, s'arrêtent toujours, paraît-il, devant les terrains plus récents de la région.

Ces filons de quartz aurifère sont, d'ailleurs, très fréquents dans la région, quoique, en général, inexploitables; ils se présentent sous forme de veines minces plus ou moins interstratifiées dans les schistes.

Si l'on repoussait cette hypothèse, il faudrait admettre une précipitation chimique de l'or contemporaine du dépôt, ce qui paraît contraire à la présence de l'or dans des galets roulés, soit de quartz, soit de pyrite. Il est, dans tous les cas, assez singulier de voir l'or se localiser souvent dans certains lits extrêmement minces, parfois de 1 ou 2 centimètres à peine, tandis que des conglomérats semblables, au-dessus et au-dessous, sont stériles. Mais on peut remarquer, comme loi générale, que l'or est infiniment plus fréquent dans des conglomérats à gros galets que dans des grès fins : c'est, pour nous, de même que la concentration de l'or sur le bedrock dans les placers[1], un résultat de la préparation mécanique.

roches extraites a diminué, depuis deux ans, d'après le professeur Suess, de Vienne, de la façon suivante :

| | 1889 | 1890 | 1891 |
|---|---|---|---|
| Mine de Jumpers. . . . . | 14 | 7,37 | 7,75 |
| — Langlaagte . . . . . | 22 | 17,69 | 14 » |
| — May. . . . . | 20 | 12 » | 9,50 |
| — Robinson . . . . . | 52 | 30,23 | 23 » |

[1] Voir plus loin, p. 942.

Il y a peu à dire du *procédé d'extraction de l'or* usité dans le Witwatersrand. Jusqu'en 1891, des raisons financières avaient fait laisser de côté les pyrites aurifères, traitées aujourd'hui par le procédé Plattner; pour les *free milling ores*, le traitement consiste, dès lors, en un simple broyage aux bocards, parfois après concassage, puis première amalgamation sur des tables en cuivre enduites de mercure, passage du minerai restant dans des amalgamateurs ou cuves remplies de mercure, et distillation dans des cornues en fonte. Les résidus ou « tailings » gardent, bien qu'on ait un peu réduit le gaspillage des premiers temps d'exploitation, 40 à 50 p. 100 de l'or.

La difficulté est de régler le travail des bocards, qui s'usent ou se dérangent en tombant, l'inclinaison des tables, la vitesse des courants d'eau. En outre, il reste, dans le minerai, des traces de sulfures qui retiennent l'or; aussi a-t-on préconisé l'emploi de liqueurs chlorurées ou iodurées, la calcination avec chlorure de sodium suivie d'une dissolution dans l'hyposulfite de soude et d'une précipitation par le sulfate de chaux, etc. Un autre perfectionnement a consisté dans une préparation mécanique, introduite entre le bocardage et l'amalgamation ou la chloruration, pour enrichir le minerai.

Indépendamment du Witwatersrand, qui constitue la principale région aurifère au Transvaal, nous mentionnerons les districts de de Kaap, Lydenburg, etc...

A *de Kaap* (Barberton), on a reconnu la présence de l'or dans des conglomérats, des quartzites et des veines filoniennes semblant s'être ouvertes à la suite de l'éruption des mélaphyres; on a surtout exploité des alluvions à Barrets-Berlin, Kantoor, Waterfall. Les quartzites aurifères de *Sheba*, après avoir donné lieu à un grand engouement en 1886, ont été, à peu près, abandonnés.

A *Lydenburg*, on exploite, soit des filons encaissés dans les schistes talqueux et ayant de $0^m,60$ à $1^m,20$, soit des alluvions. La production a été, en 1888, de 600 000 francs.

Des alluvions aurifères ont été, en outre, signalées successivement dans le Zoutpansberg, le Swazieland et le Matabeland (Tati); puis, en juillet 1891, dans la division du prince Albert, à Spreun-

fontein et Kleinwaterval. Ces dernières ont été immédiatement mises en exploitation [1].

*Bibliographie.*

* 1885. Penning. — On the Goldfields of Lydenburg and de Kaap in the Transvaal (South Africa). (*The Quaterly Journal of the geological Society of London*, vol. XLI, p. 569. Londres, 1885.)

1885. Dumn. — The *Transvaal Goldfields*. (*Geol. Magazine*, 3e Decade, t. II, p. 171. Londres, 1885.)

* 1885. H. Haevernick. — Die Goldfelder von *Transvaal*, mit Karte $\frac{1}{850.000}$. (*Petermanns Mittheilungen*, vol. XXXI, p. 87. Gotha, 1885.)

1887. V. Paul Emmrich. — Die de *Kaap Gold Fields in Transvaal*. (*Dr A. Peterman's Mittheilungea*, t. XXXIII, p. 139. Gotha, 1887.)

1887. Mathers. — Golden South Africa.

1888. Glanville. — The South Africa goldfields.

1888. Mitchel. — Diamonds and gold of *South Africa*, 1 vol. in-8°.

1890. A. Schenck. — Uber das Vorkommen des Goldes in Transvaal im Allgemeinen und über die *Witwatersrand* Gold Felder Südlich von Pretoria.

1890. J.-M. Liddell. — The gold-fields of the Valley of de *Kaap* Transvaal, South Africa. (*Transactions of the North of England Institute of mining and mechaniscal Engineers*, t. XXXVIII, p. 171. Newcastle upon Tyne, 1890.)

1890 et 1891. The Witwatersrand mining and metallurgical Review.

1890. Dennis Edwards. — The gold fields of South Africa.

* 1890. Dupont. — Les mines d'or de l'Afrique du Sud, 1 vol. in-8°.

1890. Goldfiels of South Africa, 1 vol. Capetown.

1891. L. de Launay. — Mines d'or du Witwatersrand. (*Ann. d. M.*, janv. 1891, et *Nature*, 30 oct. 1891. Nous avons, dans cet article des *Annales des mines*, donné une bibliographie des travaux antérieurs.)

1892. L. de Launay. — Nouveaux gisements d'or au Cap. (*Bull. Ann. d. M.*, janv. 92, p. 136.)

1892. L. de Launay. — Sur le développement des mines d'or du Transvaal. (*Bull. ann. d. M.*, juillet 1892, p. 3.)

1892. Bel. — Les mines d'or du Transvaal. (*Économiste français* du 15 oct. 1892.)

## ALLUVIONS AURIFÈRES

Toutes les alluvions aurifères se présentent dans des conditions assez analogues, dont le meilleur type, le plus développé et aussi le plus complètement étudié, se trouve en Californie. Les indications que nous donnerons à ce sujet nous permettront de passer ensuite rapidement sur les autres champs d'exploitation du même

[1] Voir *Bull. Ann. d. M.*, janv. 1892.

genre. Parmi ceux-ci, nous étudierons, d'abord, les plus importants après ceux de Californie, c'est-à-dire ceux d'Australie; puis, passant successivement en revue les diverses parties du monde : en Europe, ceux de France, de la vallée du Rhin, du Piémont, du Rio Sil et de la vallée de Grenade, en Espagne; en Asie, ceux de Sibérie, de l'Inde, de Sumatra; en Afrique, ceux du Rio Lombigo, de la Côte d'Or; en Amérique du Sud, ceux de Panama, du Venezuela, de la Guyane, etc...[1].

## ALLUVIONS AURIFÈRES DE CALIFORNIE[2]

Nous avons décrit ailleurs[3] les filons aurifères de Californie; les alluvions aurifères, qui leur sont associées, ont été, pendant longtemps, la grande richesse du pays; grâce à des méthodes très perfectionnées, elles fournissent encore une quantité d'or considérable.

On peut distinguer, par leur âge et leur allure géologique, trois classes d'alluvions, soumises, jusqu'à un certain point, à trois modes de traitement distincts :

1° Sur les plateaux, ou dans les parties hautes des vallées, on trouve des dépôts *pliocènes* ou *pléistocènes* (quaternaires), correspondant à une époque, pendant laquelle l'orographie de la région était différente de l'orographie actuelle. Ces dépôts suivent certaines dépressions creusées par les rivières anciennes qui les ont accumulés, et, comme ils ont été fréquemment recouverts, soit par des formations sédimentaires, soit par des coulées de roches éruptives (laves ou basaltes), il faut une investigation préliminaire assez délicate pour les reconnaître. On les désigne sous le nom de *gravel mines*, que traduit improprement notre mot graviers, et on les exploite généralement par travaux souterrains (drift mining), parfois aussi, lorsque les conditions le permettent, par la méthode hydraulique (hydraulic mining);

[1] Nous avons décrit incidemment, plus haut, pages 928 et 929, ceux du Chili et du Pérou.

[2] Voir la carte de Californie, fig. 318, p. 712.

[3] Pages 919 à 925.

2° Postérieurement, le cours des vallées actuelles s'est dessiné, donnant toutefois encore passage à des cours d'eau beaucoup plus considérables que ceux que nous voyons. A ce moment, se sont déposées les *alluvions anciennes des vallées*, formant, soit des terrasses (deep-leads), attaquables par la méthode hydraulique, sur les flancs de ces vallées ; parfois aussi, dans le chenal même, une couche, recouverte postérieurement par les alluvions modernes et que l'on exploite alors comme elles ;

Enfin, 3°, les *alluvions modernes*, essentiellement comprises dans les vallées actuelles, ne dépassent jamais le *lit majeur* du cours d'eau, c'est-à-dire celui qui est occupé au moment des plus hautes crues. La disposition topographique de ces alluvions permet difficilement de les attaquer par grandes masses et sur une épaisseur considérable, sauf parfois dans les parties hautes des vallées. Les alluvions des vallées à faible pente (*shallow placers*) se traitent, en général, par simple lavage (sluicing).

Nous décrirons successivement ces trois catégories de gîtes :

1° Les dépôts des plateaux ont été, généralement, découverts en remontant depuis les alluvions des vallées, qui s'étaient formées, à une époque plus ou moins ancienne, à leurs dépens. Leur exploitation, qui ne date guère que de 1855, a été entreprise à l'origine sans aucune méthode et a donné lieu, par suite, à de nombreux déboires. Aujourd'hui, des milliers de puits et de tunnels ont permis de reconnaître et de tracer sur des cartes les bords (rims) de ces anciennes rivières souterraines, situées particulièrement dans les comtés de Sierra, de Nevada, de Placer et de Plumas, notamment les chenaux du Blue-Lead et du Forest-Hill. Une figure ci-jointe (388, p. 968) montre, d'après M. Sauvage, dans la vallée de Yuba, les chenaux pliocènes très différents des vallées actuelles et recoupés par elles souvent à angle droit.

Dans les rivières pliocènes, qui ont laissé ces alluvions, le dépôt de l'or a obéi à certaines lois, que nous retrouverons également dans les alluvions plus récentes et dont la connaissance peut diriger dans la recherche des points riches.

Tout d'abord, on peut rappeler ici une remarque que nous avons

[1] Page 85.

déjà eu l'occasion de faire à propos de l'étain[1], c'est qu'en général les matériaux des larges alluvions anciennes ont été transportés à une distance beaucoup plus faible qu'on ne le croirait et sont, par suite, en relation avec la nature des roches situées, presque immédiatement, à l'amont[2]. Pour l'or en Californie, cela ressort immédiatement de l'examen d'une carte, où l'on a noté : d'une part, la position des filons aurifères ; de l'autre, celle des placers riches : les deux zones se confondent presque. En particulier, les grains métalliques un peu gros sont, à peu près, demeurés sur place. On peut en conclure que la connaissance des roches du fond, notamment des veines de quartz aurifère, des massifs de serpentine, etc., sera d'une grande utilité.

En second lieu, les matériaux charriés par les eaux ont subi une préparation mécanique analogue à celle qu'on réalise artificiellement dans les sluices. Par suite, les pépites et les paillettes les plus grosses sont allées s'accumuler au fond (sur le *bedrock*), en particulier dans toutes les anfractuosités de ce fond[3]; s'il est schisteux, dans tous les interstices des schistes. Les parcelles d'or plus fines, entraînées plus loin par le courant, se sont déposées partout où ce courant s'est ralenti pour un motif quelconque, spécialement dans les remous causés par la courbure des rives sur ses parties concaves, ou dans les changements brusques de direction.

Il en résulte, d'une part, que c'est la couche inférieure des alluvions qu'il convient d'exploiter, soit souterrainement si les couches stériles superposées sont trop épaisses, soit par la méthode hydraulique, lorsque les conditions le permettent[4]; et, d'autre part, que les coudes et branchements sont spécialement à étudier.

Certaines rivières anciennes de la Californie présentent, quelquefois, en outre, un phénomène, dû sans doute à des périodes de remplissage successives : c'est l'existence, au-dessus de la couche

[1] Voir plus haut, pages 151 et suiv.

[2] Laur, *loc. cit.*, p. 392; Cumenge, l'or (*Encyclopédie chimique*), p. 20.

[3] D'où l'insuccès général des entreprises de dragage au fond des rivières actuelles. L'or, enfoui dans les anfractuosités du fond sous les alluvions, échappait à la drague.

[4] La méthode hydraulique est actuellement interdite en Californie.

aurifère inférieure, d'autres couches exploitables (ou payantes: pay gravel). Ainsi, au Paragon Claim, à Bath, dans le comté de Placer, on a, d'après M. Cumenge, trouvé trois strates payantes dans le même chenal, l'inférieure de 2 mètres de puissance sur le bedrock, la seconde 5 mètres plus haut, et la troisième 50 mètres au-dessus.

D'une façon générale, les alluvions anciennes se composent d'une série de couches de galets, de sables et d'argile, superposées le plus souvent par ordre de grosseur, mesurant ensemble 10 à 60 mètres de puissance, exceptionnellement jusqu'à 150 et 200 et

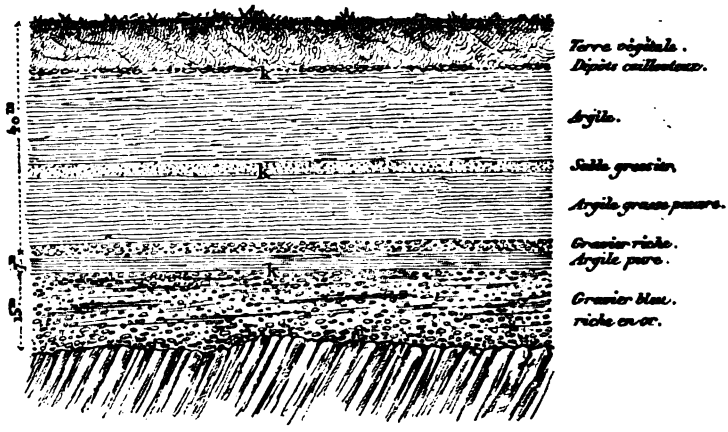



Fig. 385. — Coupe du diluvium aurifère à Walsey's flat. (D'après M. Laur.)

formant, sur les hauteurs de terrains anciens, des collines plus ou moins meubles ou plus ou moins cimentées. La stratification, qui existe localement, n'est jamais continue sur une grande étendue.

A la base, avec les galets les plus gros (parfois plus gros que la tête d'un homme), sont aussi les parties plus riches en or (fig. 385). C'est ce que l'on appelle le *blue gravel* (gravier bleu), dont l'épaisseur varie de quelques centimètres à 12 ou 15 mètres. Comme son nom l'indique, cette masse est bleuâtre ; la pyrite de fer, cristallisée en cubes, y abonde ; souvent les éléments sont soudés par un ciment siliceux, éminemment cristallin et empâtant des cristaux de pyrite à arêtes vives, que l'on a considéré comme un produit d'épanchement hydrothermal venu directe-

ment du griffon des filons aurifères[1]. A Mokelumne Hill, d'après M. Laur, certains puits, limités à moins de 2 mètres carrés, ont donné, dans cette couche, jusqu'à 120 kilogramme d'or.

Au-dessus de ce blue gravel, vient une couche rougeâtre de même composition, dont l'épaisseur atteint parfois une dizaine de mètres, et qui est aussi très riche ; c'est le *red gravel.* Puis apparaissent des masses plus ou moins considérables de sables, avec ou sans galets, contenant encore un peu d'or, mais en proportion moindre et à un état de division très fin : c'est le *top gravel,* qui, dans les exploitations hydrauliques, peut encore fréquemment être exploité avec fruit.

Sur les flancs du chenal de la rivière ancienne, on trouve souvent de grands blocs (rim rocks) tombés des parois, souvent aussi des masses de sable quartzeux meuble et d'argile blanche (pipe clay). Les fragments de bois carbonisés ou silicifiés sont abondants dans les alluvions, et ont permis de reconnaître leur âge pliocène.

La richesse, dans ces différentes couches, est, pour un même chenal, généralement assez constante. M. Laur suppose que le produit moyen du mètre cube du terrain de la base doit se rapprocher de 4 francs et, plus haut, de 0,25.

Les mineurs attachent une grande importance à la séparation bien nette des sables, argiles et graviers, qui prouve une préparation mécanique plus complète, ainsi qu'à la présence de pyrite de fer abondante.

Nous avons dit que les alluvions pliocènes étaient fréquemment recouvertes par des coulées de lave. C'est ce que représentent deux figures ci-jointes (386 et 387). Sur l'une (fig. 386), passant par le tunnel de Maine Boy près de Sonora (Tuolumne County), la lave atteint 42 mètres d'épaisseur.

On a remarqué, d'autre part, que la pente des vallées pliocènes, relevée aujourd'hui, aurait été souvent bien forte (jusqu'à 3 p. 100), pour permettre le dépôt d'aussi vastes alluvions, charriées à aussi peu de distance et contenant souvent des éléments aussi fins, ceux du pipe clay par exemple. On a, dès lors, supposé que, pendant la

[1] Laur, page 393.

période pliocène, caractérisée par le creusement de vallées dans la Sierra et l'apport des déblais dans la mer qui baignait son pied, et, plus tard, également, après les grandes éruptions volcaniques de la période quaternaire, il avait dû se produire un soulèvement lent et progressif de la Sierra : les modifications, constatées dans le régime des cours d'eau à l'époque pliocène et à l'époque quaternaire, en seraient la conséquence.

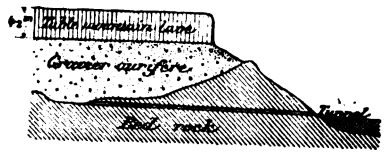



Fig. 386.
Coupe par le tunnel de Maine Boy près de Sonora (Tuolumne County).
Échelle au $\frac{1}{10\,000}$.

2° Les *alluvions anciennes des hautes vallées* (*deep leads*) présentent d'assez grandes analogies avec les dépôts pliocènes des plateaux et s'en distinguent surtout par leur localisation habituelle sur les flancs des vallées actuelles, où une érosion puissante les a découpées en terrasses. La méthode hydraulique, qui, pendant

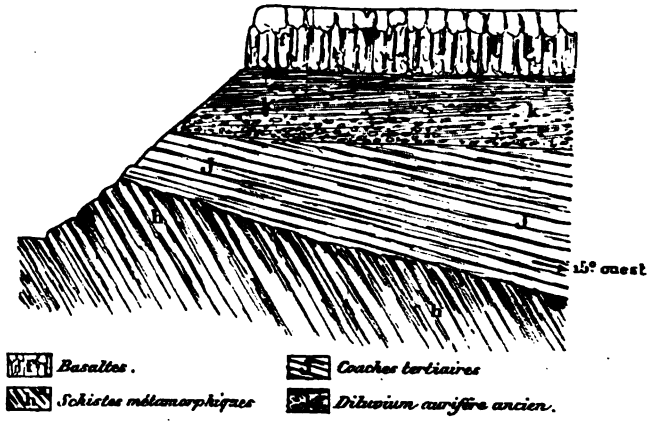



Fig. 387. — Diluvium aurifère reposant sur des couches tertiaires à Two-Miles-Bar, près Dent-Ville (Californie). (D'après M. Laur.)

quelques années, a été employée sur une si grande échelle en Californie, est, presque toujours, directement applicable à ces gisements. On sait que son principe consiste à abattre les *gravels*, parfois sur plus de 100 mètres de haut, au moyen de jets d'eau

colossaux débitant jusqu'à 150 000 mètres cubes par 24 heures, avec une vitesse de 50 mètres à la seconde. Au besoin, on a commencé par disloquer le terrain au moyen de coups de mines. Le torrent de boue, qui sort des tranchées, est dirigé dans un tunnel, creusé tout d'abord au point le plus bas du bedrock et garni de sluices où l'or est retenu par le mercure. La grande difficulté à laquelle on s'est heurté et qui, depuis 1887, a fait arrêter ces exploitations hydrauliques en Californie, est l'évacuation des débris entraînés au delà du tunnel dans le cours des rivières. Ces débris, formant des masses prodigieuses, ont rapidement obstrué le cours des rivières et, dans la plaine, recouvert, au loin, toutes les terres cultivables. C'est ainsi que la rivière de Tuolumne, qui avait précédemment 170 mètres de large sur $4^{m},50$ de profondeur, a été absolument remplie en 21 mois ; puis, après une crue qui l'avait partiellement nettoyée, réduite finalement à une largeur de 10 mètres et une profondeur de $0^{m},30$. Les plaintes des agriculteurs ont amené à interdire la méthode, à moins de dispositions spéciales très coûteuses. Cependant on calcule qu'il reste près de 1 milliard et demi de mètres cubes susceptibles d'être exploités ainsi et se répartissant de la manière suivante :

| | |
|---|---|
| Bassin du Yuba River . . . . . | 700 000 000 m³. |
| — Bear River . . . . . | 50 000 000 |
| — American River . . . . . | 75 000 000 |
| Bassin du Makelumme, du Stanislas, du Tuolumne. . . . . | 400 000 000 |
| Autres petits bassins. . . . . | 150 090 000 |
| | 1 375 000 000 m³. |

3° Les alluvions récentes, ou *shallow placers*, sur lesquelles ont porté les premières découvertes des chercheurs d'or, sont aujourd'hui fort délaissées. Leur situation dans le fond des vallées ne permet pas, en effet, l'application des méthodes hydrauliques ; même pour les travaux souterrains, l'extraction et l'épuisement présenteraient quelque difficulté. En outre, on n'y retrouve plus la stratification à peu près régulière et, par suite, la concentration de l'or à des niveaux déterminés, qui caractérisaient les alluvions plus anciennes. Les galets, charriés par des eaux plus resserrées

et plus violentes, sont plus gros, les matières fines ayant été emportées au loin par le courant ; l'or également ne s'y trouve qu'en grosses pépites arrondies, avec une irrégularité de teneur extrême. Par suite, une multitude de petites fouilles, entreprises au début de tous les côtés, sans aucune règle, ont, assez vite, épuisé les bons endroits et recouvert le sol de déblais déjà fouillés, que de nouveaux arrivants ont recommencé à explorer à leur tour. En 1848 et 1849, un homme gagnait, au moins, 130 francs par jour, ce qui suppose une teneur de 500 francs d'or au mètre cube;

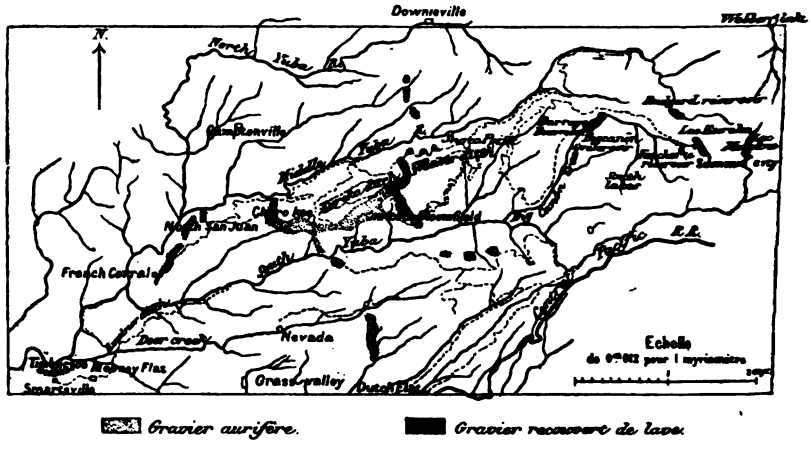



Fig. 388. — Carte du bassin aurifère de la rivière Yuba (Californie). (D'après M. Sauvage.)

en 1851, un gravier rendant 85 francs était considéré comme très bon ; le prix de la journée d'un homme est descendu, de 25 francs en 1853, à 15 francs en 1856 et 13 francs en 1858. Aujourd'hui, ce genre de travail est abandonné aux Chinois, Annamites, etc.

De même que dans les alluvions anciennes, on y recherche spécialement les coudes, barrages ou bifurcations de la rivière.

Comme exemple plus détaillé d'exploitations portant sur des alluvions aurifères anciennes, nous citerons, d'après M. Sauvage, celles du bassin de Yuba (fig. 388).

Si l'on remonte la rivière à partir de l'Ouest, on trouve, d'abord, le dépôt de *Smartsville*, attaqué, vers 1856, par les Compagnies Pactolus, Rose, Blue Gravel, Blue Point et Smartsville.

A la mine Pactolus, l'épaisseur des alluvions aurifères est, au milieu du dépôt, de 75 mètres, dont 6 mètres de blue gravel et 9 mètres de red gravel. Le produit moyen des bancs inférieurs était de 5 francs le mètre cube, celui des couches supérieures de 2 francs. En 1873, l'exploitation se faisait par la méthode hydraulique, au moyen d'un tunnel de 420 mètres de long, ayant coûté 300 000 francs. On usait 2 000 mètres cubes d'eau par heure pour laver 1 200 mètres cubes par jour et l'on produisait 720 000 francs d'or par an. A Blue Point, le tunnel, de 700 mètres de long, avait coûté 780 000 francs. On consommait près de 40 mètres cubes d'eau par mètre cube de graviers, ceux-ci étant fort durs.

Vers le N.-E. de Smartsville, se trouve le dépôt qui s'étend de French Corral à North San Juan, sur une largeur de 800 mètres et une épaisseur, au milieu, de 50 mètres. Dans l'une des mines, Nebraska, la longueur suivant le thalweg (qui est souvent citée en Californie comme donnant une idée de l'importance de la mine), était de 135 mètres, et l'on estimait le mètre à 10 000 francs.

Plus à l'Est encore, on trouve, de Bagder Hill à Snow-Point, une très importante traînée avec affluents latéraux, en partie recouverte par des roches volcaniques. Là où le dépôt a été protégé par la lave contre les alluvions, l'épaisseur moyenne est de 75 mètres, ailleurs de 25 à 30. Dans l'une des mines, à North Bloomfield, on consommait, en 1874, 10 litres d'eau pour 1 de gravier.

## ALLUVIONS AURIFÈRES D'AUSTRALIE

En Australie, comme en Californie, les alluvions récentes ont donné lieu aux premières découvertes d'or, qui ont permis de remonter ensuite, de proche en proche, aux alluvions anciennes et pliocènes, puis aux filons dont elles dérivent et que nous avons décrits plus haut[1].

Comme en Californie également, ces alluvions aurifères se sont

[1] Voir pages 912 à 919.

assez rapidement épuisées et ne fournissent qu'un contingent de moins en moins grand dans la production d'or du pays.

Les conditions de leurs gisements sont analogues à celles que nous venons d'étudier et l'on retrouve les effets d'une même préparation mécanique, donnant un maximum de richesse dans les couches inférieures voisines du Bedrock, particulièrement dans ses anfractuosités, la même composition des graviers, le même

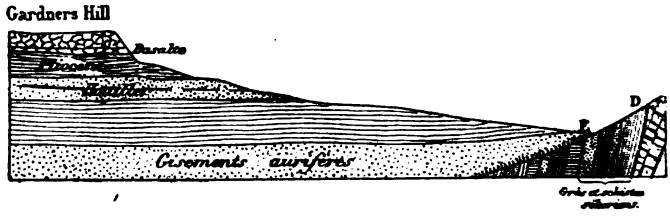



Fig. 389. — Coupe d'un gisement aurifère à la base du houiller de New-South Wales. (D'après Davies.)

alignement des alluvions pliocènes riches suivant des chenaux de rivières anciennes (deepleads), aujourd'hui recouvertes souvent par des alluvions plus récentes et par des basaltes.

L'existence de ces basaltes est particulièrement fréquente dans la province de Victoria, district de Gippsland, où il existe des couches de 150 mètres de basalte au-dessus de graviers, dont l'épaisseur peut atteindre une dizaine de mètres.

Un fait spécial à l'Australie, c'est que, dès l'époque miocène, il semble s'y être dessiné un régime de cours d'eau assez analogue à celui des périodes pliocènes et pléistocènes et ayant donné lieu à des alluvions aurifères comparables. C'est ainsi que, dans le Nord du Gippsland, M. Maccoy a trouvé, entre le Bedrock silurien et le gravier aurifère, un lit fossilifère à plantes miocènes (Cinnamomum polymorphoïdes, etc...). Ces plantes, qui arrivent à former, par places, une sorte de lignite, sont dans une argile sableuse, qui paraît le premier banc de la formation alluvionnaire, où l'on trouve l'or. Au-dessus, a coulé une nappe de basalte, dans laquelle s'est ouverte postérieurement une vallée de 300 mètres de profondeur.

On a suivi quelques-uns de ces cours d'eau anciens vers leur embouchure dans la mer tertiaire, et on a été conduit à supposer

que le dépôt aurifère pouvait se continuer dans les dépôts marins de leur delta.

L'existence de dépôts aurifères de remaniement d'âge miocène n'a, d'ailleurs, rien d'anormal; nous avons, en effet, déjà eu l'occasion de dire que, depuis l'époque houillère, les filons aurifères d'Australie, soumis à des actions de dislocation et d'érosion considérables, avaient donné lieu à des concentrations sédimentaires, dont on retrouve la trace dans le houiller et le jurassique.

Les *alluvions récentes*, formées aux dépens des filons et des alluvions anciennes, peuvent se présenter dans deux conditions distinctes : placers stationnaires à une certaine distance des rives et hors de l'atteinte des eaux, placers mobiles dans le lit lui-même; nous étudierons, plus loin, un bon exemple de ces derniers dans la plaine du Rhin [1].

On trouve, dans les placers australiens, outre l'or, généralement en paillettes très minces, parfois en grosses pépites (l'une d'elles, à Ballarat, a pesé 90 kilogrammes), du quartz, de la topaze, du pléonaste, du saphir, du rutile, de la tourmaline, du zircon, du fer titané, du wolfram, de la cassitérite, etc...

Au point de vue industriel, nous avons donné, plus haut [2], la répartition de la production suivant les districts : dans la province de Victoria, Maryborough et Castlemaine produisent le plus d'or, (651 et 617 kilogrammes en 1886); puis viennent Ararat (285) et Beechworth (187).

Dans la Nouvelle-Galles du Sud, Mudgee a produit 18 895 onces; Southem district, 17 168; Tumut et Adelong, 16 465; Lachlan, 15 327.

Dans le Queensland, on peut citer Charters Towers et Gympie [3].

[1] Page 973.

[2] Pages 872 à 875.

[3] Pour la bibliographie, voir page 918.

## GISEMENTS AURIFÈRES EN FRANCE[1]

Il n'existe pas de gîtes aurifères actuellement exploités en France ; mais la présence de l'or a été mentionnée dans divers filons du Plateau Central, des Alpes, des Pyrénées, des Cévennes, et dans les alluvions qui en dérivent.

Dans le Plateau Central, des tentatives toutes récentes ont été faites sur des filons de mispickel aurifère de *Bonnac*. Ces filons présentent cette particularité, qui confirme le rapprochement maintes fois signalé entre l'or et l'étain[2], de renfermer une proportion notable de wolfram ; la teneur en or était, par endroits, assez forte, mais très irrégulière.

A *la Gardette* (Isère), on a exploité un filon aurifère, de 1700 à 1840.

Des filons de ce genre ont, par leur destruction, donné lieu à une concentration de l'or, qu'on a reconnue dans le conglomérat houiller du Gardon, mais qui est surtout manifeste dans les alluvions anciennes de certaines rivières, telles que le Rhin, le Rhône et l'Arve descendant des Alpes ; l'Ariège, la Garonne et le Salat venant des Pyrénées ; l'Ardèche, la Cèze, le Gardon et l'Hérault venant des Cévennes.

L'or du Rhône était encore exploité, sous Louis XIV, à la Voulte, Saint-Pierre-de-Bœuf, Condrieu, Givors et Mirabel. Dans l'antiquité, la Gaule a, d'ailleurs, été renommée pour sa production d'or. Nous nous arrêterons seulement sur les alluvions de la vallée du Rhin, autrefois décrites par M. Daubrée.

[1] 1805. Peuchet. Statistique élémentaire de la France, p. 350.
1868. Debombourg. Gallia aurifera. Étude sur les alluvions aurifères de la France. (Lyon.)
1882. Lock, p. 709.

[2] Nous rappelons ce que nous avons dit, page 891, sur l'existence dans le Plateau Central de nombreuses fouilles où l'on paraît avoir trouvé, aux temps préhistoriques, de l'or en relation avec l'étain.

# ALLUVIONS AURIFÈRES DU RHIN

L'extraction de l'or du lit du Rhin avait commencé déjà au VII[e] siècle; car elle est mentionnée dans une charte de 667. En 1846, M. Daubrée estimait encore la production d'or annuelle à 45 000 francs, divisés entre 500 orpailleurs.

Ces exploitations ont porté principalement sur la plaine d'alluvions modernes, comprise entre Rhinau et Daxland, près Carlsruhe, à 100 kilomètres de Bâle et, le plus récemment, sur l'amont de Kehl jusqu'à Daxland. L'or est particulièrement concentré dans certains bancs, dits goldgründe, à quelque distance à l'aval d'une rive ou d'une île de gravier corrodée par le courant, et toujours mélangé avec des cailloux, dont la grosseur est généralement en rapport avec la dimension des paillettes. Les dépôts de sables fins sont constamment stériles, ainsi que les points où le courant est très violent; de même, un banc de formation nouvelle a d'autant plus de chances d'être aurifère que l'eau s'en est retirée plus lentement. Ces divers faits s'expliquent aisément par la préparation mécanique, constamment renouvelée, à laquelle l'or est soumis.

M. Daubrée a constaté, d'ailleurs, que, non seulement les alluvions modernes, mais toutes les alluvions anciennes, qui s'étendent à 10 et 12 kilomètres du fleuve, sont aurifères : c'est sur ce gravier ancien que le fleuve travaille aujourd'hui à produire des enrichissements. Il est assez curieux que le loess, qui le recouvre par endroits et semble également d'origine alpine, soit toujours stérile.

Les sables du Rhin peuvent être divisés, d'après leur richesse en or, en 4 classes :

| | OR PAR MÈTRE CUBE | VALEUR DE L'OR obtenu en 9 heures de lavage | TITRE EN OR du gisement |
|---|---|---|---|
| | Grammes | Francs | |
| 1° | 1,011 | 11,129 | 0,000 000 562 |
| 2° | 0,438 | 4,687 | 0,000 000 243 |
| 3° | 0,234 | 2,423 | 0,000 000 132 |
| 4° | 0,014 | 0,143 | 0,000 000 008 |

Le titre moyen équivaut au n° 3 ; mais le 4e est, de beaucoup, le plus fréquent.

Indépendamment de l'or, les sables renferment du fer titané, du quartz, du zircon et, d'après Dœbereiner, des traces de platine.

Pour rechercher l'origine première de l'or, M. Daubrée a analysé certains galets de quartzite du lit du Rhin et constaté qu'ils renfermaient également des traces d'or sous forme de paillettes très minces : d'où la conclusion que l'or venait des quartzites de ce genre dans le massif alpestre.

Un calcul assez simple a permis de se rendre compte qu'entre Rhinau et Philippsbourg, sur 123 kilomètres de long et 4 de large, la quantité d'or enfouie devait dépasser 160 millions.

*Bibliographie.*

1718. Réaumur. — Hist. des rivières et des ruisseaux qui roulent des paillettes d'or. (C. R.)

1776. Treutlinger. — De aurilegio, principue in Rheno (Argentorati).

1838. Kachel. — Die Gold Wacherei am Rhein. (*Badensc. Wochenblatt. Sept.* 1838.)

1846. Daubrée. — Sur la distribution de l'or dans la plaine du Rhin. (*Ann. d. M.*, 4e, t. X, p. 1.)

1851. Daubrée. — De l'or dans le gravier de la *Moselle*. (*B. S. G.*, 2e, t. VIII, p. 346.)

1862. Talabardon. — Gisement d'or à Saint-Perreux (*Ille-et-Vilaine*). (*B. S. G.*, 2e, t. XV, p. 613.)

1882. Lock, p. 711.

1886. Gonnard. — Sur les minerais aurifères des environs de *Pontgibaud*. (*Bull. de la Soc. française de minéralogie*, t. X, p. 243. Paris, 1886.)

## ALLUVIONS AURIFÈRES DU NORD DE L'ITALIE

Le Piémont est connu, depuis l'antiquité, comme une région aurifère. Strabon parle des laveurs d'or de la Doire Baltée et des querelles qui éclataient déjà à cette époque (comme aujourd'hui en Californie) entre mineurs et agriculteurs. En particulier, dans toute la région des roches vertes serpentineuses, qui s'étend de Pestarena vers Lanzo, la plupart des rivières [1], Sesia, Doire

[1] Voir le détail dans Jervis : I tresori soterranei del l'Italia. Nous l'avons résumé dans un journal de voyage manuscrit à l'*Ecole des Mines* (1883).

Baltée, Soanna, Orco, etc., roulent de l'or. Cet or paraît provenir, d'une façon générale, de venues pyriteuses qui ont pu accompagner la formation des roches vertes ici comme dans tant d'autres pays (Norvège, etc.)

On l'a lavé : sur l'Orco, à Cuorgne, Bosconegro, Chivasso; sur le Pô, à Front, à Rivarossa, Lombardose, San Benigno, etc. La rive gauche du Pô contient, de même, entre 10 et 100 mètres de profondeur, une nappe légèrement aurifère.

Depuis 1889, on s'est occupé d'exploiter en grand : d'une part, les falaises d'alluvions, plus ou moins élevées, qui s'appuient sur les derniers contreforts des Alpes; d'autre part et surtout, les plaines de plusieurs milliers d'hectares situées sur la rive gauche du Pô [1]. La difficulté, — à peu près insurmontable, ce nous semble, — est dans la teneur très faible : moins de un franc d'or au mètre cube; ce qui nécessiterait l'emploi de la méthode hydraulique californienne, inapplicable pour des régions plates où l'on a à tenir compte de la culture. On a tenté d'y suppléer par un dragage, au moyen duquel on a prétendu être arrivé à laver 50 mètres cubes de gravier par heure pour moins de 0 fr. 30 le mètre cube.

## ALLUVIONS AURIFÈRES DU RIO-SIL ET DU RIO-DUERNA (GALICE, ESPAGNE)

Les terrains aurifères du Rio-Sil et de la Duerna, en Galice, ont appelé l'attention depuis quelques années. Ils sont situés au Nord du Portugal, sur les provinces de Galice et de Léon, et occupent une grande étendue.

Les traces de travaux romains y sont fréquentes (bassins, aqueducs, etc.) et semblent prouver qu'on a employé, dans l'antiquité, un système analogue à la méthode hydraulique californienne, connue sous le nom de booming; depuis ce moment, l'industrie des orpailleurs s'est perpétuée sur les bords des rivières principales et, en 1887, on a tenté d'organiser une exploitation en grand.

[1] Notes de H. Babinski. (*Industrie française* du 9 août 1889, et *Bulletin de l'École des Mines*, p. 216.)

Au point de vue géologique, la contrée se compose, dans les environs d'Astorga, d'assises puissantes de schistes siluriens recoupés par des granites : c'est sur ces formations que se trouvent aujourd'hui les masses de graviers aurifères.

En descendant vers Carucedo, la coupe des terrains change, et de puissantes assises crétacées viennent recouvrir les schistes et les séparer des alluvions.

Dans la plupart des cas, les schistes sont très redressés et l'on y trouve de nombreuses veinules de quartz aurifère, dont les débris ont formé les placers.

Les graviers semblent avoir jadis couvert tout le pays, mais, par suite d'érosions, ils ont été détruits en certains points, de sorte qu'on ne les rencontre, en réalité, qu'à l'état de lambeaux disséminés sur les hauteurs et sur les flancs des vallées.

L'épaisseur de cette formation est très variable; par endroits, elle atteint 280 mètres, tandis que, dans d'autres, elle est insignifiante. Mais, en général, elle dépasse 10 à 12 mètres.

Les graviers sont plus ou moins friables selon les cas ; dans la majeure partie des localités, ce sont de simples sables, tandis que, dans d'autres (Domingo Flores), ils passent à un conglomérat ferrugineux très dur et difficilement attaquable à la lance hydraulique.

Comme toujours, l'or est principalement concentré dans la couche inférieure, au contact du bedrock; cette couche est recouverte, tant par les bancs les plus durs de graviers stériles, négligés à l'époque romaine, que par les résidus de l'exploitation antique, constamment repris et relavés depuis par les orpailleurs. La richesse réelle est assez imparfaitement connue, d'autant plus que, dans les parties voisines de la surface, on tombe souvent sur des remaniements. L'or est généralement en pellicules très minces; dans la majeure partie des cas, les rapports indiquent une production de 12 francs d'or par journée d'homme lavant à la battée et, dans les conglomérats de la vallée de la Cabrera, après broyage, 2 onces et demie à la tonne ; dans ceux d'Albano, jusqu'à 150 grammes à la tonne (après triage rapide) avec 1 700 grammes d'argent.

*Bibliographie.*

1879. Pressser. — Rapport sur les alluvions aurifères du Sil.
1881. Rapports sur les alluvions aurifères de Piaranza (Léon).
1882. Landrin. — Rapport manuscrit sur les alluvions du Sil.
1887. Projets de statuts, rapports et plans de la Rio Sil and Leon mining C° et de la Rio Duerna and Leon mining C°. — Rapports par William S. Welton.

## ALLUVIONS AURIFÈRES DE GRENADE

La plaine de Grenade renferme des alluvions, légèrement aurifères, où l'on a tenté quelques exploitations.

La Sierra Nevada comprend principalement des gneiss, schistes micacés amphiboliques et chloriteux, des granulites, etc. Sur le flanc Ouest, les filons métallifères y sont fréquents (cuivre gris, cobalt sulfuré, galène, etc.)[1]. Au N.-O., et particulièrement dans la vallée du Genil, les schistes micacés siluriens contiennent souvent de l'or disséminé dans leur masse. Ce sont ces roches qui, par leur destruction, ont donné l'or, rencontré le long de la vallée du Genil, dans les alluvions, dont diverses protubérances forment le Cerro del Sol, l'Alhambra, l'Albaicin.

Au Cerro del Sol, à 370 mètres au-dessus du lit actuel de la rivière, on suit les traces de grandes exploitations anciennes, qui ont été reprises vers 1882, et ont donné une teneur en or d'environ $0^{gr},5$ au mètre cube.

D'une façon générale, l'or se trouve surtout dans les sables grenus et graviers, contenant des galets. La méthode d'exploitation essayée a été la méthode hydraulique.

*Bibliographie de l'or en Espagne.*

1852. Paillette. — Mines d'or dans le *Nord de l'Espagne*. (*B. S. G.*, 2°, t. IX, p. 482.)
1884. Antissier. — Or de la Nava de Jadraque, prov. de Guadalajara (Espagne). (*Ind. min.*, 2°, t. XIII, p. 125.)
1884. A.-F. Nogués. — Gisement d'or à Penaflor en *Andalousie*. (C. R., t. XCVIII, p. 760. Paris, 1884, et *Bull. Soc. Ind. Min.*, 2° série, t. XIV, p. 931. Saint-Etienne, 1885.)

[1] Voir, plus haut, page 305.

188 . CALDERON. — La *Sierra de Penaflor* (Sevilla) y sus yacimentos auriferos. (*Ann. de la Sociedad espanolo de historia natural*, t. XV, p. 131. Madrid, 188 .)

1885. NOGUÉS. — Sur l'axe des éruptions pyroxeno-amphiboliques (diorites et ophites) de la *Sierra de Penaflor*, la genèse de l'or de ces roches et sa dissémination. (C. R., t. C, p. 80. Paris, 1885.)

## ALLUVIONS AURIFÈRES DE RUSSIE ET DE SIBÉRIE

Nous avons déjà, dans la partie statistique de ce chapitre[1], mentionné les principaux champs d'alluvions aurifères de Sibérie. Nous avons vu que les travaux portaient, d'une part, sur une longue bande d'alluvions le long de l'Oural ; puis, sur les régions d'Yenisseik, Atchinsk et Minusink ; sur le cours de l'Olekma et du Vitim, affluents de la Léna ; sur celui du Schilka (Nertschinsk), affluent du Haut-Amour, etc... La région la mieux connue est celle de l'Oural[2], où de grands efforts ont été faits, surtout depuis 1887, pour améliorer les rendements.

**Région de l'Oural**[3]. — Sur les deux flancs de l'Oural, mais principalement du côté de l'Asie, sur plus de 160 kilomètres de long, on exploite, par endroits, un dépôt d'alluvions aurifères, formé d'argile pure ou sablonneuse mêlée de débris et blocs roulés, qui est certainement pléistocène, car on y a trouvé l'Elephas primigenius et le Rhinocéros tichorhinus. Ces alluvions comprennent des couches aurifères de $0^m,90$ à 1 mètre d'épaisseur, de 20 mètres environ de large et d'une longueur, qui peut atteindre 4 500 mètres à Balbouk, 6 000 mètres à Stolbouk. Les centres principaux sont, du Sud au Nord, le territoire des Cosaques d'Orenbourg, Miask, Bérezowsk, Nijni Taguil, Bogoslovsk.

Comme en Californie, l'or est partout dans la couche inférieure voisine du bedrock et principalement dans les anfractuosités de celui-ci. Il est recouvert par des terrains stériles qui ont, en gé-

[1] Page 877.

[2] Voir, plus haut, page 902.

[3] Voir V. Cotta (*Erlagerstätten*, t. II, p. 532; cf. Groddeck, p. 371). 1882. Lock, p. 425.

néral, moins de 4 mètres de puissance (exceptionnellement, 18 mètres sur la rivière Miass; 40 mètres, en un point, près d'Ekaterinenburg).

L'abondance de l'or est en relation avec la nature des roches du sous-sol, généralement plus forte près des schistes cristallins, amphibolites, etc. La teneur varie entre $0^{gr},8$ et $2^{gr},6$ par tonne de minerai; on rencontre, assez souvent, des pépites, dont la plus grosse a atteint 36 kilogrammes.

Beaucoup de ces alluvions aurifères sont, en même temps, platinifères; nous renvoyons, à ce propos, à ce que nous dirons au chapitre du *Platine* [1].

Ces alluvions aurifères sont exploitées, en grande partie, surtout les plus pauvres, par des orpailleurs volontaires, ou starateli; le prix de revient d'un kilogramme d'or est ainsi plus faible, en moyenne, que dans l'exploitation directe par le propriétaire; il est de 1 552 francs dans le district de Bogoslovsk, de 1 590 dans celui de Nijni Taguil.

On ne traite, nulle part, avantageusement au-dessous de $0^{gr},540$ à la tonne; à Bérézowsk, on a pu travailler une couche aurifère de $1^{m},70$ à $2^{m},15$ tenant $0^{gr},60$ et recouverte par $2^{m},50$ de stérile. A Bogoslovsk, Tchernoia, Rika, où l'on est obligé de transporter les déblais à 2 kilomètres des placers, on ne peut traiter, à $1^{gr},30$, une couche de $0^{m},70$ à $1^{m},40$, que si l'épaisseur des stériles, au-dessus, est inférieure à 4 mètres. Le prix de revient est de 3 fr. 40 le gramme.

Les principaux placers de Bogoslovsk sont, d'après M. Weiss, celui de Tchernoietchenski, sur la Tchernoié Rika, qui produit 109 kilogrammes d'or; celui de Petschernoï, qui en produit 14 728; et celui de Meslovskoï, 4 kil. 800; soit 126 kilogrammes, auxquels il faut ajouter 332 kil. 560 produits par les ouvriers volontaires.

Dans le district de Nijni Taguil, on a lavé, du 1er octobre 1887 au 1er janvier 1888, 165 000 tonnes de sable, tenant 1 gramme par tonne et ayant produit, par suite, $160^{kg},517$ d'or, moyennant un prix de revient de 1 fr. 91 le gramme.

[1] Voir page 996.

**Altaï.** — Dans l'*Altaï*[1], les mines, autrefois très prospères, aujourd'hui, assez délaissées, se trouvent surtout dans les districts de Barnaul et Bysk, en particulier à Sméinogorsk, au Sud de Barnaul et au Nord de Kuznetsk. On y connaît des filons renfermant, à la fois, argent, plomb, cuivre et or et des alluvions aurifères. Des gisements de houille assez importants existent à proximité.

**Bassin d'Yenisseisk.** — Dans la partie Nord du bassin d'Yenisseisk, le sol est formé de schistes métamorphiques, parfois micacés, avec des granites et des gneiss. L'or des alluvions paraît provenir, en général, de veines de quartz encaissées dans les micaschistes ; il est associé avec du bismuth, du fer magnétique et du fer titané. Sur la Noiba, la couche aurifère a $0^m,15$ d'épaisseur et de 30 à 100 mètres de large. Sur la Kalamy, le sous-sol est composé de schistes micacés très redressés ; la couche aurifère a de $0^m,60$ à 2 mètres de large et est formée d'une argile sableuse jaunâtre avec galets de quartz, parfois de granite et de gneiss ; le principal placer de la Kalamy est à Narkizofsky. A Gavrilof, sur l'Ogne, affluent du Yenashimo, l'or est associé avec de la magnétite et du zircon. De 1845 à 1864, 7 millions et demi de tonnes lavées ont produit, là, 2 400 kilogrammes d'or, soit à peine 3 ou 4 grammes d'or à la tonne. Sur l'Aktolik, affluent de la Vangasha, l'alluvion aurifère est également argiloschisteuse ; il existe, au voisinage, des veines quartzeuses aurifères dans les schistes.

C'est dans toute cette région Nord du bassin d'Yenisseisk que les opérations ont le caractère le plus méthodique. L'or y est de qualité variable ; aux mines de la Kalami, il contient 87,3 p. 100 d'or pur ; 8,3 d'argent et 0,4 d'autres corps ; sur l'Ogne, 92 à 92,60 d'or et 3 d'argent.

Dans la partie Sud du bassin d'Yenisseisk, on retrouve les mêmes schistes micacés avec des granites et des intrusions de diorite et de porphyre. La couche aurifère contient souvent de la pyrite de fer et de cuivre et est fréquemment recouverte par un conglomérat à ciment ferrugineux.

[1] Voir, plus haut, page 562.

Sur la rivière Uderey, se trouvent les mines d'Uspensky et de Voskresensky, autrefois fameuses, aujourd'hui presque épuisées. Sur la Talaia, la couche aurifère, assez pauvre (35 à 50 grammes), avait 40 mètres d'épaisseur. Généralement, les bancs inférieurs sont formés de schistes à peine roulés provenant du sous-sol. On lave également les sables du grand Pit et du grand Murojnaia.

A *Minusinsk*[1], il existe des talschistes, des terrains paléozoïques, dévoniens et carbonifères, des roches cristallines (granite, syénite, diorite, etc.). Les placers de cette région ont donné, de 1845 à 1859, 12 000 kilogrammes d'or.

A *Olekminsk*, le lavage de l'or est fait sur une très grande échelle et produit, paraît-il, près de 11 000 kilogrammes d'or par an pour 1 million de tonnes de sables lavés.

Dans le bassin du *Haut-Amour*, les terrains aurifères s'étendent sur la Transbaïkalie, l'Amour, etc... ; ils sont connus depuis assez peu d'années, mais se sont assez vite développés. L'épaisseur moyenne de la couche est de 6 mètres ; à Netrschinsk, elle s'étend sur une grande étendue, qui peut représenter, dans son ensemble, 450 000 kilogrammes d'or, mais est, en moyenne, assez pauvre.

## ALLUVIONS AURIFÈRES DE L'INDE

Les alluvions aurifères de l'Inde[2] ont été étudiées par M. Ball, qui s'est attaché à en chercher la source dans les roches en place. Il a montré que l'or provenait surtout de filons quartzeux traversant les terrains métamorphiques, mais aussi de chloritoschistes, (comparables à ceux de Randolff dans la Caroline du Sud[3]), qui semblent en contenir indépendamment de toute injection quartzeuse postérieure. En outre, certains terrains sédimentaires anciens, en particulier ceux du système de Gondwana, en renferment à l'état détritique, dans des conditions analogues à celles du Transvaal[4].

[1] Lock, p. 378.

[2] Voir, dans Lock, une carte, p. 316. Les noms de l'or en sanscrit : *suvarna* et *hemna* se retrouvent dans un grand nombre de lieux (p. 313).

[3] Voir page 953.

[4] Voir, plus haut, page 955.

C'est ainsi que, dans le Godavary et ses affluents, près de Godalore ou Mungapet, l'or provient de roches de l'étage de Kamthi, et, dans la rivière Ouli, à Talchir, de grès du même âge. La venue aurifère serait donc là présilurienne.

Dans le Ladak, au contraire, l'or a pour origine des filons quartzeux traversant le carbonifère; dans le Kandahar, des filons crétacés.

Au point de vue industriel, les exploitations aurifères de l'Inde sont, aujourd'hui, surtout des laveries d'alluvions faites par les indigènes. M. Ball en cite un assez grand nombre.

Un champ aurifère important paraît s'être trouvé autrefois à *Mysore* entre la Kistna, les Eastern ghauts et les Western ghauts. Sur le territoire de Mysore, les mines de Chamrajnuggar remontent à une haute antiquité. C'est, du reste, cette province de Mysore qui produit aujourd'hui la plus grande partie de l'or de l'Inde (130 000 onces en 1891).

Dans la province de *Madras,* les champs aurifères, très anciennement connus, de Wynaad ont appelé récemment l'attention des capitalistes.

Il existe là de nombreux filons quartzeux traversant des granites, des gneiss et divers terrains métamorphiques [1]. Ces filons quartzeux contiennent de l'or associé avec de la pyrite, et parfois, paraît-il, avec de la pyrolusite. D'après Brough Smyth, qui les a étudiés en 1880, ils sont très nombreux et les alluvions, qui en résultent, fournissent une certaine quantité d'or.

La province de *Chutia-nagpur*, au Sud-Ouest du Bengale, renferme également des champs aurifères à Manbhum, Singhbhum, Gangpur, Jashpur, etc.

A Manbhum, les alluvions semblent en rapport avec des schistes magnésiens et des quartzites bleuâtres plutôt qu'avec des filons de quartz; à Singhbhum, au contraire, l'or doit venir de quartz. Le lavage est abandonné à une tribu spéciale de Gonds, nommés les Jhoras, qui travaillent à la battée.

Les Indes anglaises ont produit : en 1889, plus de 2 500 kilogrammes d'or; en 1891, 4.000.

[1] Voir Lock, p. 337; Brough Smith (1880), etc.

*Bibliographie.*

1879-80. Ball. — On the mode of occurrence and distribution of gold in *India*. (*Journal of the royal geol. Soc. of Ireland, new Series*, t. V, n° 3, p. 258.)

1881. W. King. — The gold-fields and the quartz-outcrops of *Southern India*. (*Report of the fifty-first meeting of british association for the advancement of Science, held at New-York in august and september* 1881, p. 639. Londres,

1881. Ball. — Les diamants et l'or dans l'*Inde* (1 vol. in-8°).

1881. Jennings. — Visite aux explor. d'or du *Wynand* (1 vol. in-8°).

1882. Foote. — Gold fields of *Mysore*. (*Geol. surv. of India*, t. XV, n° 4.),

1882. Lock, — Gold, p. 304 à 349.

1884. Will-King. — Notes on auriferous sands of the *Subansiri River*. (*Records of the geol. Survey of India*, vol. XVII, p. 192. Calcutta, 1884.)

Attwood. — On some of the auriferous Tracts of *Mysore* province. Southern India. (*Quat. J. of the geol. Society*, t. XLIV, p. 636. Londres.)

Ball. — On recent additions to our Knowledge of the gold-bearing rocks of *Southern India*. (*The geological Magazine*, Decade 3, t. III, p. 201.)

1889. Foote. — The Dharwar System, the chief auriferous rock series in *South India*. (*Records of the geological Survey of India*, vol. XXII. Calcutta, 1889.)

## ALLUVIONS AURIFÈRES DE SUMATRA ET BORNÉO[1]

L'île de Sumatra paraît avoir été connue, pour ses mines d'or, dès l'antiquité. De 1833 à 1838, ces gisements furent explorés par Muller et Horner; ils ont été décrits récemment par MM. Verbeek, Munday et d'Esterey.

L'or se trouve, à Sumatra, sur la côte Ouest, particulièrement dans une région de schistes métamorphiques, traversés par des granites, qui forment la base des monts Barissan (arête générale de l'île). On connaît deux gisements principaux, l'un au Nord, entre les volcans Loubon-Rajah et Ophir, à Mandehling; l'autre au Sud, entre les volcans Singalang, Merapi, Sago et le pic d'Indrapoura, à Soupayang. L'or en place existe dans des filons quartzeux avec pyrites de fer et de cuivre; parfois ces filons sont associés à des diorites.

Les exploitations, portant uniquement sur des alluvions, ont été, jusqu'ici, peu importantes.

[1] Voir une carte de Bornéo, t. I, p. 32.

On extrait également un peu d'or des alluvions du Nord de *Bornéo*. En 1891, M. Chaper a exploré, dans l'Ouest de l'île, des alluvions, soi-disant aurifères, du Kapoeas et du Sebroeang et a reconnu qu'elles étaient inexploitables.

*Bibliographie.*

1879-80. Verbeek. — (Rapport résumé dans les *Annales de l'Extrême-Orient*, 185-92.)

1880. John Munday. — Gold mines of the west coat of Sumatra. (*Mining journal*, t. I, p. 732.)

1882. Lock, p. 459.

1883. Theodor Posewitz. — Das Gold Vorkommen in *Borneo*. (*Mittheilungen aus dem Jahrbuche der K. U. geologischer Anstalt*, t. VI, n° 6. Buda-Pest, 1883.)

* 1885. Whitfield. — Gold in *Borneo*. (*Science*, vol. VI, p. 116. Cambridge, mars 1885.)

1887. d'Esterey. — Mines d'or de Sumatra. (*R. Sc.*, 2 avril 1887.)

1891. Chaper. — Notes sur Bornéo. (*B. S. G.*, 3e, t. XIX, p. 877.)

## ALLUVIONS AURIFÈRES D'AFRIQUE

L'Afrique, indépendamment de la région Sud-Est (Cap, Transvaal et Zambèze) que nous avons décrite plus haut, ne renferme que peu d'exploitations aurifères. Cependant, quelques champs d'alluvions sont connus:

1° Dans le haut Sénégal (Soudan français) à Bambouk, Bambara, Sangara, Manding; 2° sur la Côte d'Or du golfe de Guinée (Ashanti, Akum, Dinkisa, Wassaw, etc.); 3° sur le cours du Lombigo, dans le royaume d'Angola, etc.

Dans le *Soudan*, province de Bambouk, on extrait de l'or à Natakoo, Kenieba, etc., et dans l'espace compris entre le Sénégal et le Niger. Quelques tentatives industrielles ont eu peu de succès.

Dans la *Côte d'Or*, les Anglais ont montré, par des explorations récentes, qu'il y avait des gisements sérieux, mais pour lesquels on manque surtout de main-d'œuvre.

[1] 1856. Wilson. — Western Africa. London, p. 144.
1882. Lock, p.29.
1889. Reports on gold mines. — Rapports de Brandford, Griffith, Eyre, etc.

Quelques compagnies se sont cependant formées et ont exporté une certaine quantité d'or depuis 1887 (4 000 kilogrammes en 1888); c'est ainsi que la Guinea Coast Gold Mining Company a exploité des mines à Apollonia et à Kinkham Bambo, près Axim; etc.

Généralement, les alluvions se composent de sables mêlés d'un peu d'argile et renfermant des parties noirâtres avec d'autres blanches, où tout l'or est concentré.

Dans le royaume de Wassaud (Côte d'Or), la chaîne des collines de Farquah, qui comprend des bancs trachytiques, est bordée par des alluvions aurifères reposant sur des terrains anciens métamorphiques. L'or est compris là dans une couche de 1 mètre de galets quartzeux agglomérés par des argiles et sables ferrugineux; il s'est souvent concentré autour des galets, ou bien est disséminé dans le sable. Cette couche est recouverte par du sable blanc jaunâtre, avec quelques intercalations de sable ferrugineux, où l'on retrouve de l'or. Le rendement est, le plus souvent, assez faible : à peine 8 à 10 grammes à la tonne.

## ALLUVIONS AURIFÈRES DU RIO LOMBIGO[1]

### (COTE OUEST DE L'AFRIQUE, PROVINCE PORTUGAISE DE ANGOLA)

Une compagnie s'est formée, en 1884, pour exploiter les alluvions aurifères du Rio Lombigo, dans l'Afrique occidentale, district de Golungo Alto, province de Angola. La rivière actuelle coule sur des schistes anciens, que recouvre une couche aurifère de $0^m,50$, surmontée de 5 mètres de terrain stérile. Sur les $0^m,50$ de la couche aurifère, les cinq centimètres de la base sont, de beaucoup, les plus riches et contiendraient, dit-on, 50 francs d'or à la tonne. Cet or paraît provenir de veines pyriteuses intercalées dans les schistes. Il est accompagné d'un peu d'argent et de platine. Dans les dix premiers kilomètres de son parcours, la rivière Lombigo traverse un marécage. C'est plus loin, vers Gongola, qu'ont été trouvés les graviers aurifères.

[1] 1886. Rapports de John Taylor et Sons, de Salles Ferreira, etc. Description of the auriferous zone of Lombigo.

## ALLUVIONS AURIFÈRES DE TUNISIE[1]

*A Sidi-Boussaïb*, auprès de Carthage, on trouve, paraît-il[2], sur les sables de la côte, un enduit noir de fer magnétique et titané contenant un peu d'or. Il est facile de remonter à sa source. Depuis longtemps, les habitants ont remarqué que ces parties noires étaient plus abondantes le lendemain des grandes orages et se retrouvaient dans les ravins aboutissant à la plage. Or la falaise est formée de sables à peine agglutinés, sans doute pliocènes, au milieu desquels apparaissent des conglomérats plus foncés, avec grains noirs de fer magnétique. Ces conglomérats seraient donc la source de l'or.

## ALLUVIONS AURIFÈRES DE LA GUYANE FRANÇAISE

La Guyane est connue, depuis le XVI[e] siècle, comme un pays aurifère ; mais les premières tentatives d'exploitation sérieuses furent faites, en 1856, par la compagnie de l'Approuague. Leur insuccès découragea pendant quelques années ; puis, en 1868, il y eut une reprise ; on explora, peu à peu, les diverses rivières : le Maroni, la Mana, le Sinnamary, le Mahuri, l'Approuague, qui, toutes, se trouvèrent aurifères. En 1886, l'extraction d'or dans la Guyane a dépassé 1 800 kilogrammes ; elle a été encore, en 1890, de 1 342 kilogrammes.

La Guyane est formée, sur la côte, par une zone d'alluvions basses et plates, s'élargissant à l'embouchure des rivières ; puis vient une ligne de collines, de 100 à 300 mètres de haut, coupée par des ruisseaux, dans le lit desquels on trouve de l'or. Au delà, s'étend un plateau marécageux et l'on arrive à une seconde ligne de collines, presque inexplorée.

La constitution géologique du sol est difficile à reconnaître à cause des forêts qui le recouvrent. On peut se rendre compte, ce-

[1] Une carte géologique de la Tunisie a été publiée récemment (1893) par M. Aubert, ingénieur des mines. Voir, plus haut, une carte des gîtes miniers de ce pays, t. I, p. 402.

[2] Notes de M. Fuchs.

pendant, que, sous la couche d'alluvions ou de décomposition sur place, il existe des roches anciennes, gneiss et talcschistes, avec amphibolites intercalées, granites, etc., dont l'altération, sous les actions météoriques énergiques des régions tropicales, a produit une terre rouge, argileuse à la surface, rocheuse dans le fond, nommée « Cascajo ». D'après M. Babinski, il existerait, dans le sous-sol, des filons antérieurs à la formation du cascajo ayant souvent résisté au milieu de la destruction de la roche encaissante et se présentant, par suite, soit à l'état de dykes saillants, soit à l'état d'éboulements quartzeux : filons qui, lorsqu'ils n'apparaissent pas, se laissent soupçonner par leurs débris épars, au-dessus, dans les alluvions.

En second lieu, des veines, postérieures au cascajo, s'y perdent en veinules et sont parfois aurifères. On a rattaché aux diorites les venues aurifères antérieures au cascajo. Celles postérieures ne seraient qu'une sécrétion secondaire. Jusqu'ici, les travaux ont surtout porté sur les alluvions anciennes ou récentes et l'on ne s'est que rarement occupé de rechercher les filons en place.

Les alluvions modernes aurifères occupent une surface très grande et dépassent les frontières de la Guyane française. Leur épaisseur est de $0^m,20$ à $0^m,50$, rarement de 1 mètre. Des blocs souvent très gros y existent, plus ou moins agrégés ensemble, et, suivant M. de la Bouglise, témoigneraient d'un courant partant du S.-O. des monts Tumuc-Humac. D'ailleurs, dans la plupart de ces grandes nappes d'alluvions, on constate que la majeure partie des éléments vient du sous-sol presque immédiat, des schistes à veines de quartz pyriteuses. Les dépôts ont, comme en Californie, formé des coudes, des criques, où l'on a quelque chance de trouver de l'or et cet or s'y est concentré, comme d'habitude, dans la couche inférieure, au contact du bedrock. Leur recherche, au milieu des bois, dans un pays fiévreux[1], sous un climat brûlant, est assez difficile. Leur éloignement habituel de la côte (200 à 300 kilomètres) entraîne également de fortes dépenses.

La composition de l'or varie suivant les gisements : la rivière de Mana fournit le plus haut titre : 978 p. 1 000, tandis que le plus bas, 890 p. 1 000, provient de certaines criques de la Comté et du

[1] De décembre à août, la pluie tombe, à peu près sans interruption, et, même pendant la saison dite sèche, l'air reste toujours humide.

Sinnamary. Dans le déchet, l'argent entre pour la plus grande part.

En 1873, on estimait qu'un homme produisait, par jour, 2$^{gr}$,3 d'or. Le travail commence par une *prospection*, au moyen de trous carrés de 1$^{m}$,50 de côté, d'où l'on extrait des battées de 10 kilogrammes. Le lavage a lieu au sluice.

Parmi les placers, on peut citer ceux de Dieu-Merci, Pas-Trop-Tôt, Saint-Elie.

Le placer *Pas-Trop-Tôt*, mis en exploitation en 1877, produisit, de 1878 à 1882.

| 1877 | 1878 | 1879 | 1880 | 1881 | 1882 |
|---|---|---|---|---|---|
| 21$^{kg}$,559 | 152$^{kg}$,904 | 288$^{kg}$,580 | 310$^{kg}$,663 | 131$^{kg}$,761 | 90$^{kg}$ |

A partir de 1880, la production a baissé rapidement entre les mains d'une nouvelle société.

Ce placer est à 200 kilomètres de la mer, sur la rive gauche de la Mana, entre la Mana et le Maroni, au voisinage des placers Enfin et Elysée; on y trouve, au-dessous des alluvions modernes, des sables stériles; puis 0$^{m}$,50 à 1 mètre de graviers aurifères reposant sur une couche de glaise non fouillée.

On admet que la répartition des dépenses, aux placers Elysée et Saint-Elie, est la suivante :

| | PLACER ÉLYSÉE.—PLACER D'ÉLIE (PAR KG. D'OR) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Francs | | | Francs | |
| Frais divers | 2,53 | 6,23 | = | 101 | |
| Main-d'œuvre et solde des employés. | 35,32 | | | | |
| Transport d'approvisionnements en canot et à dos d'homme | 27,55 | 72,53 | = | 1 175 | |
| Transport par mer | 3,03 | | | | |
| Achat de vivres pour le personnel. | 26,17 | | | | |
| Redevance à l'État | 2,78 | 16,03 | = | 259 | compris redevance du sol, droit d'entrée de 5 fr. à Cayenne, droit de sortie 8 p. 100 *ad valorem*. |
| Matériel | 2,40 | 5,21 | = | 84 | |
| Totaux | 100,00 | | | 1 619 | |

Les frais d'une journée de travail sont, à Saint-Elysée comme à Saint-Elie, de 10 fr. 62; la production de 5$^{gr}$,95, correspondant à 1$^{m}$,66 de couche aurifère, ou 16 fr. 674; mais il faut tenir compte des journées perdues par la confection des barrages et le déplacement des sluices. La teneur en or est très variable.

La perte au sluice, ou longton, est de près de 50 p. 100 de l'or; 6 à 8 p. 100 des quartz trouvés dans les alluvions sont aurifères et donnent 36 à 40 grammes, soit 100 à 120 francs à la tonne.

Le placer *Saint-Elie*, étudié par Babinski, est sur la rive gauche du Sinnamary, à 40 kilomètres de la rivière, où circulent des chaloupes à vapeur et à 100 kilomètres de l'Océan.

Au début, on ne lavait que des sables à 100 francs la tonne; on est descendu, peu à peu, à 20 francs, le prix de revient du kilogramme d'or oscillant entre 1 600 et 1 800. La production a été :

| 1879 | 1880 | 1881 | 1882 | 1883 | 1884 | 1885 | 1886 | 1887 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 359,60 | 519,90 | 453,90 | 503,00 | 498,00 | 594,00 | 361,00 | 465,40 | 518,30 |

Les recherches de filons ont donné, jusqu'ici, peu de résultats en Guyane.

Cependant, aux environs de *Saint-Elie*, on en a trouvé quelques-uns, en particulier celui du Pottineur et celui d'Adieu Wat. Les quartz aurifères sont saccharoïdes et cariés, blancs, violets ou rouges; en profondeur, ils se chargent bientôt de pyrite aurifère. A 20 kilomètres de Saint-Elie, au bord du Sinnamary, le filon d'Adieu Wat, de 1 mètre de puissance, a été reconnu, sur 20 mètres de profondeur au-dessous du niveau des eaux. En profondeur, ses épontes sont formées de diorites.

Aux environs de Cayenne, à la carrière de *Montalbo*, on a annoncé également, en 1881, la découverte d'un filon de quartz aurifère qui, d'après les inventeurs, aurait contenu jusqu'à 55 grammes d'or par tonne.

Dans la *Guyane hollandaise* et la *Guyane anglaise*, des formations aurifères semblables se retrouvent. La Guyane hollandaise à produit, en 1890, 987 kilogrammes d'or (42 kilogrammes pour la Dutch Guyana Expl. Synd.)

### *Bibliographie.*

1867. Jannettaz. — Or dans la *Guyane française*. (*B. S. G.*, 2e, t. XXIV, p. 684.)

20 et 22 juin 1874. G. de la Bouglise. — Les placers de la *Guyane française*. (*Journal officiel*.)

Lévy. — Sur la Guyane.

1881. Note, non signée, sur un filon d'or à Montalbo, près de Cayenne.

1883. G. Fieux. — Etude sur l'Approuague (Guyane française). (*Bull. de l'Ecole des Mines*.)

Babinski. — L'or en Guyane.

1884. Desbans. — Or à la *Guyane française*. (*Ind. min.*, 2e, t. XII, p. 217.)

*Bibliographie générale de l'or.* (*Généralités et gîtes non décrits*[1].)

1851. Viquesnel. — De l'or dans les rivières de la *Turquie.* (*B. S. G.*, 2e, t. VIII, p. 482.)

1853. Recherches d'or au Sud du *Caucase.* (*Ann. d. M.*, 5e, t. III, p. 830.)

1853. Rottermund. — Mines d'or du Saint-Laurent (*Canada*). (*Ann. d. M.*, 5e, t. IV, p. 443.)

1853. Gauthier. — Recherches d'or dans la prov. de *Malacca.* (*Ann. d. M.*, 5e, t. III, p. 816.)

1857. Thevenet. — Gisements aurifères et platinifères de l'*Orégon.* (*Ann. d. M.*, 5e, t. XVI, p. 573.)

1859-65. Tennant. — Gold from *Nova Scotia.* (*Proceedings of the geologist's association*, t. I, p. 196. Londres, 1859-65.)

1865. Roswag. — Les métaux précieux au point de vue économique (1 vol. chez Lacroix.)

1866. Marcore. — Mines d'or de la *Sierra Nevada.* (*B. S. G.*, 2e, t. XXIV, p. 50.)

1868. J. Hector. — On the analysis of Auriferous Rocks from the *Thames* Gold fields. *New Zealand.* (*Transactions and Proceedings of the Institute N. Z.*, t. I, p. 449. Wellington, 1868.)

1869. J.-C. Crawford. — On alluvial Gold in the province of *Wellington New Zealand.* (*Trans. and Proc. of the Institute N. Z.*, t. II, p. 160.)

1869. J. Hector. — Comparative Review on the mode in which Gold occurs in the North and *South Islands* of *New Zealand.* (*Trans. and proc. of the Institute N. Z.*, t. II, p. 400. Wellington, 1869.

1873. F.-W. Hutton. — On the geological Structure of the Thames. Gold Fields. N. Z. (*Trans. and Proc. of the Institute New Zealand.*, t. IV, p. 272.

1873. Minard. — Gisements d'or des *Philippines.* (*B. S. G.*, 3e, t. II, p. 403.)

1376. Liverdsige. — On the formation of Moss gold and silver (Sidney).

1878. J.-C. Crawford. — An attempt at an explanation of the origine of minerals veins, particulary of Gold and Silver. (*Transactions and Proceedings of Institute N. Z.*, t. IX, p. 560. Wellington, 1876.)

Dall. — Gold in *Thibed.* (*Science*, t. V, Cambridge. Mass. U. S.)

1879. E. Abella y Casariego. — Memoria acerca de los criaderos auriferos del secundo distritto del departemento de *Mindanao.* (*Boletin de la Comision del mapa geologico de Espana*, t. VI, Madrid, 1879.)

Lauder Lindsay. — Australian Gold quartz in *Scotland.* (*Transactions of the geological Society of Glasgow*, t. VI, n° 1, p. 68.

Wadsworth. — On an occur. of Gold in *Maine.* (*Bull. of the Mus. of comp. Zoology at Harvard Colleage*, t. VII. Cambridge, Massachussets. U. S.)

1880. Del Mar. — A history of the precious metals from the earlier times to the present. (London.)

[1] Comme bibliographie générale, nous renvoyons surtout à l'ouvrage de Lock (1882).

1880. H.-S. Poole. — On the gold Leads of *Nova Scotia*. (*Q. J. g. Soc. Lond.*, t. XXXIV, p. 307. Londres, 1880.)

1880-81. Petitbois. — Sur les terrains aurifères de l'Etat d'*Antiquoia*. (*Ann. de la Soc. géologique de Belgique*, t. VIII, p. 57. Liège, 1880-81.)

Kinahan. — On the possibility of Gold being found in quantity in the County *Wicklow*, p. 207.

1881. Melville Atwood. — On the geology of Bodie, illustrating the twoages of gold. (In-8°, 12 pages. *Extr. de Trans. of the San Francisco microscop. Soc.*)

* 1882. Foullon. — The formation of gold-nuggets and placer deposits by Egleston. (*Verh der K. K. geolog. Reichsanstalt*, nos 2 à 6, p. 72, Vienne.)

1882. E. Gilpin. — The gold fields of *nova Scotia*. (*Transactions of the North of England institute of mining and mechanical engineers*, fév.-avril 1882, p. 151. Newcastle upon-Tyne, 1882.)

** 1882. Lock. — Gold, its extraction and occurence. 1 vol. London (Spon, 16, Charing Cross.

1884. Küss. — Note sur les filons aurifères de l'Atajo (*République Argentine*). (*Ann. d. M.*, 8e série, t. V, p. 379. Paris, 1884.)

1884. Dr J. Triana. — Estudio sobre las minas de oro y plata de *Colombia*. (In-8°, 151 pages. *Extr. des Anales de la instruccion publica de Colombia*, 1884.)

1884. A. Houtoum Schindler. — Ueber Gold bei Kawend in *Persian*. (*Verhandlungen der K. K. geol. Reichsanstalt*, 1884, p. 386. Vienne.)

1884. Gilpin. — Result of past experience in Gold mining in *Nova Scotia*. (*Report of the fifty-fwith meeting of the british association for the advancement of Science*. Montréal, 1884, p. 71.)

* 1884. Luuyt. — Mémoire sur l'extraction des métaux précieux dans le *Harz*. (*Ann. d. M.*, 8e série, t. VI, p. 393. Paris, 1884.)

1884. L'or à la *République Argentine*. (*Ann. d. M.*, 1884, p. 379.)

1884. Leibius. — Notes on Gold. (*Journal and proceedings of the royal Society of New South Wales*, t. XVIII, p. 37. Sidney, 1884.)

1884. Ball. — On recent additions to our Knowledge of the gold bearing rocks of *South India*. (*The Sc. proc. of the roy. Dublin Soc.*, t. IV, p. 33.)

1885. R. Canvaal. — Die Goldseifen von Tragiu bei Paternion in *Kaernten*. (*Jahrb. der K. K. geol. Reichsanstalt*, t. XXXV, p. 105. Vienne, 1885.)

* 1886. Dana. — On the Crystallization of Gold. (*The Am. J. of Sc.*, 3e sér., t. XXXII, p. 132. New Haven (Conn.), 1886.)

188 . Kossmann. — Ueber den Goldbergbau and der Goldkoppe bei *Frewaldau*. (*Schlesische Gesells für vaterl. Cultur*, 63e *Jahrb. Bericht.*, p. 152. Breslau.)

1887. — Jonath Sever. — Origin and mode of occurrence of Gold bearing veins and of associated minerals. (*Journal and Proceedings of the royal Society of New South Wales*, févr. 1887, p. 125. Sidney, 1887.)

1887. E.-M. Baca. — Informe sobre los placeres auriferos de Calamahi (*Baja-California*). (*An. del. min. del Fomento de la Rep. Mexicana*, t. VIII, p. 286.)

1888. Nogues. — El oro. (*Revista de minas*, 1888.)

1888. Eissler. — The metallurgy of gold.

1889. Rosway. — Les métaux précieux. (1 vol., chez Dunod.)

1890. Gürich. — Uber die Goldlagerstätten in *Deutsch-Sud west Africa* (*Zeits. der d. geol. Gesellschaft*, t. XLI, p. 569. Berlin, 1890.)

* 1889-1891. Cumenge et Fuchs. — L'or (chimie et métallurgie) dans l'*Encyclopédie chimique*.

Voir, à la collection de l'École des Mines, outre les gîtes décrits: ceux de *Cab Tach* (Asie Mineure). n° 1736; du *Colorado* (pyrites aurifères), n° 2007; de la *Virginie* (Etats-Unis), n° 1430; de *Yavapoy* County (Arizona), n° 1772; de *Guanaquito* (Chili), n° 2006; de la *Nouvelle-Écosse*, n° 1544; de *Satsuna* (Japon), n° 1691.

# PLATINE

## ET MÉTAUX ASSOCIÉS

| | | | |
|---|---|---|---|
| Platine. . . . . | Pt : Eq = 99,50. | — P. At = | 197,40 |
| Palladium . . . . . | Pd : Eq = 53,25. | — P. At = | 105,4 |
| Iridium. . . . . | Ir : Eq = 98,50. | — P. At = | 197 |
| Rhodium. . . . . | Rh : Eq = 52,16. | — P. At = | 104 |
| Ruthénium. . . . . | Ru : Eq = 52 | — P. At = | 104 |
| Osmium . . . . . | Os : Eq = 99,5. | — P. At = | 197 |

### PLATINE

Le platine a été découvert en 1735, par les Espagnols, au milieu des sables aurifères de quelques rivières de Colombie, dans les provinces de Choco et de Barbacoas. On lui donna son nom de platina (petit argent) à cause de sa blancheur.

**Usages.** — C'est seulement à la fin du siècle dernier que l'on commença à travailler le platine. C'est un métal très tenace, surtout quand on l'allie avec une proportion notable d'iridium, et qui peut être étiré en fils très fins. Ses principaux emplois sont fondés sur son infusibilité dans tous les fourneaux ordinaires et sur son inattaquabilité aux acides.

On l'utilise en creusets dans les laboratoires, en fils, en capsules, en pinces pour analyser au chalumeau. De grands alambics de platine, pesant quelquefois jusqu'à 50 et 60 kilogrammes, ont été employés pour la concentration industrielle de l'acide sulfurique, depuis le moment où Wollaston, en 1812, découvrit un premier procédé de travail du métal. Ils sont souvent dorés à l'inté-

rieur parce que, sans cela, le platine peut devenir assez poreux pour permettre la transsudation de l'acide.

Le platine sert également pour la chirurgie, pour quelques instruments de précision, notamment pour certaines pièces d'horlogerie et pour les pendules compensateurs.

A l'état de *mousse de platine* et de *noir de platine*, il possède des propriétés spéciales, qui le font adopter dans diverses expériences de physique et de chimie, en particulier pour produire la combinaison de l'hydrogène et de l'oxygène. En Russie, on a fait un essai pour le monnayer et on n'y a renoncé que pour ne pas introduire un nouveau métal précieux dans la circulation monétaire. En Amérique, M. Robinson a imaginé de remplacer la scie pour débiter le bois par un fil de platine chauffé au blanc au moyen d'un courant électrique. On en construit souvent les lumières des fusils de chasse; on l'utilise pour l'affinage de l'or et de l'argent, etc.

Allié avec du cuivre (85 de platine pour 5 de cuivre), il constitue le *platine dur* du commerce, employé par les bijoutiers et par les dentistes.

Allié avec de l'argent (et un peu de cuivre), il forme un métal très blanc et susceptible d'un beau poli, qu'on a essayé de substituer aux rubis en horlogerie, mais qui a l'inconvénient d'être difficile à fondre, à cause de la facilité avec laquelle ces métaux se liquatent.

Allié à l'iridium (ce qui est généralement le cas du platine du commerce), il acquiert plus de dureté et plus de ténacité. C'est en platine et iridium que l'on a fait, en 1873, les premiers mètres internationaux. Un peu de rhodium lui permet de résister, sans être fondu, à une plus haute température et d'être moins attaquable aux agents chimiques.

Enfin une consommation importante se fait pour le platinage et les plaques inoxydables. Au début, on a procédé par immersion, c'est-à-dire au trempé; mais, depuis longtemps, on se sert, de préférence, du procédé galvanique. Le platinage ne se fait bien que sur des objets en cuivre ou en laiton ; il permet d'obtenir, à meilleur marché, des creusets à acide sulfurique.

Ses sels ont peu d'applications ; cependant le chlorure de pla-

tine est employé, en photographie, pour tirer des épreuves inaltérables.

Le premier mode de travail du platine, imaginé par Wollaston, consistait dans une compression. Une première usine fut fondée à Paris, en 1812, par MM. Bréant et Couturier, pour appliquer ce système. Aujourd'hui, on fond le platine, par la méthode Sainte-Claire Deville, au chalumeau oxhydrique et on le coule dans des moules en fer forgé, garnis intérieurement d'une feuille de platine de un millimètre d'épaisseur.

Le platine coûte fort cher. En 1874, un kilogramme de vieux platine ouvré, ayant servi à la concentration de l'acide sulfurique par exemple, revenait de 600 à 700 francs. En lingots, il valait 900 francs le kilogramme; enfin, ouvré, 1 000 francs. Ces prix constituaient un progrès sur le passé, car, trente ans auparavant, le platine se vendait au poids de l'or. Depuis lors, les prix ont commencé par s'abaisser assez fortement, mais pour se relever, depuis 1888, de 1 210 francs en 1889, à 3 218 en 1891 ; cette augmentation, qui a été suivie d'une réaction contraire en 1892, résultait, en partie, de l'épuisement de certaines mines de l'Oural, Nijni Taguil, Goroblagodatsk, etc..., où l'on exploitait jadis, à la fois, l'or et le platine; l'or ayant fait défaut, tous les frais d'extraction étaient retombés là seulement sur le platine [1]. Il est probable que les efforts de la spéculation y étaient aussi pour quelque chose. Quoi qu'il en soit, en février 1893, le platine vaut : métal, 1 300 francs le kilogramme; objets travaillés, 1 800 francs.

**Statistique.** — On estimait, en 1874, que le platine, livré par an au commerce dans le monde entier, pouvait varier de 3 à 4 tonnes, sur lesquelles la purification donnait 20 à 25 p. 100 de déchet. De 1880 à 1891, la production de la Russie (Oural), qui a une sorte de monopole pour le platine, a été la suivante en kilogrammes :

| 1880 | 1881 | 1882 | 1883 | 1884 | 1885 | 1886 | 1887 | 1888 | 1889 | 1891 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 947 | 2 986 | 4 081 | 3 597 | 2 237 | 2 591 | 4 317 | 4 242 | 2 636 | 2 703 | 2 800 |

[1] Voir *Nature* du 24 janvier 1891.

Les autres pays fournissent environ 1 000 kilogrammes, dont une partie venant de Bornéo, de Colombie, etc. En outre, on a découvert récemment des gisements au Canada, en Californie et au Mexique. En 1890, le Canada a fourni 31 kilogrammes; les États-Unis, 18 kilogrammes.

Le minerai Américain est livré sous forme de limaille; celui de Russie ressemble à de l'émeri concassé en gros grains.

**Gisements.** — Tous les gisements de platine exploités sont des alluvions, renfermant du platine natif, associé avec d'autres métaux de la même famille chimique : palladium, iridium, etc...; lorsqu'on remonte à la roche primitive, qui a fourni le métal, on trouve généralement des roches à péridot; cependant, il y a des cas, où le platine, associé avec l'or, peut provenir de filons de quartz aurifères.

**Platine de l'Oural.** — On ne connaît pas encore, d'une façon certaine, dans l'Oural, les gisements primitifs du platine; mais presque tous les sables aurifères, et notamment les dépôts glaciaires, en contiennent une certaine quantité, ordinairement très faible. Rarement, le platine prédomine sur l'or, ou se trouve seul; des gisements de platine seul sont pourtant connus dans les districts de Nijni Taguil, de Goroblagodatsk et de Bicer[1].

Industriellement, les deux centres principaux, tous deux sur le versant asiatique de l'Oural, sont Nijni Taguil (district Demidoff[2]) et Goroblagsdatsk ou Isa.

Tous ces gîtes de platine se ressemblent par leur structure. La péridotite et la serpentine, résultant de son altération, forment le lit et les bords de la couche platinifère. Ces mêmes roches constituent une grande partie des blocs contenus dans le sable lui-

[1] On écrit également, Bissersk, mais à tort, d'après M. Chaper : *Note sur le Nord de l'Oural*. (B. S. G., 3e, t. VIII, p. 110, 1er déc. 1879.) M. Chaper cite, comme point où le platine est plus abondant que l'or, Borovskoï, au pied Ouest du Katchkanar, sur les bords de la Jeliéska.

[2] Voir plus haut, p. 247 et 978. Tout le minerai de platine est envoyé à Saint-Pétersbourg dans deux laboratoires, celui de MM. Colbert et Lindfors et le laboratoire chimique. Les gîtes du gouvernement de Perm sont situés dans les propriétés du comte Schouvalof, dans celles de Mme Polovtsof et dans des domaines appartenant à l'État.

même ; on y trouve, en outre, des cailloux de schistes chloriteux et talqueux, du fer chromé et un certain conglomérat de péridotite, serpentine et fer chromé avec ciment calcaire. Le platine est en grains ou en pépites plus ou moins grosses ; la plus grosse connue pesait 10 kilogrammes.

A Nijni Taguil, par exemple, toutes les rivières platinifères descendent nettement du massif serpentineux de Solovsaïa.

Le platine natif est très rarement pur ; il est associé avec diverses substances isomorphes et forme plusieurs variétés dont les principales sont :

1° Le platine ferrifère (eisenplatin de Berzelius), dont la densité est 17 et qui contient 12 à 13 p. 100 de fer. Ce platine est fortement magnétique ; il a été spécialement étudié par M. Daubrée [1], qui a montré comment l'état magnétipolaire de cet alliage avait dû se produire, au moment de sa cristallisation, sous l'influence magnétique du globe ;

2° Le platine polyxène, véritable alliage contenant du palladium, de l'iridium, du rhodium, du ruthénium et même de l'osmium avec du fer et du cuivre.

C'est de ce minerai, également retrouvé en Colombie, qu'on a extrait successivement tous ces métaux. D'après Deville et Debray, sa composition, dans l'Oural, serait la suivante :

| | |
|---|---|
| Platine | 76,04 |
| Palladium | 1,4 |
| Rhodium | 0,3 |
| Iridium | 4,4 |
| Osmiure d'iridium | 0,9 |
| Fer | 11,7 |
| Cuivre | 0,4 |

Les minerais de platine contiennent, en outre, diverses quantités d'osmiure d'iridium en petites tables hexagonales ou en grains arrondis d'une grande dureté.

En même temps que le platine, on trouve généralement de l'or, du fer chromé et du fer titané.

La teneur moyenne en métal des couches platinifères est de 6

[1] *Géol. expérim.*, p. 119.

à 8 grammes ; elle atteint quelquefois le chiffre de 40 grammes, et est descendue à 2gr,6. Depuis la découverte des sables platinifères dans le district de *Nijni Taguil*, c'est-à-dire depuis 1825, jusqu'en 1877, on y a exploité 67 500 kilogrammes de platine. Le platine est aujourd'hui recherché, dans ce district, sur la rivière Martiane, où la couche exploitable, de 4 à 5 mètres de puissance, est recouverte par 23 à 24 mètres de stérile.

Les gisements du district de *Goroblagodatsk* sont, en même temps, aurifères et platinifères. Ils reposent sur du calcaire, dont les couches sont accompagnées par des affleurements de grünsteins porphyroïdes et de serpentines. Ces gisements, situés sur les bords des rivières Toura, Barantcha, etc., ne sont plus exploités.

En moyenne, toute la quantité de platine qu'on extrait de l'Oural pouvait s'évaluer, vers 1878, à 1 650 kilogrammes par an. En 1887, elle est montée à plus de 4 tonnes.

Relativement aux *gisements primitifs de platine*, on peut remarquer que le platine a été trouvé, quelquefois, en forme de grains intercalés dans des morceaux de péridotite, de serpentine et de fer chromé[1] et qu'il est constamment associé, dans les sables, avec des fragments de ces roches. Comme autres roches, on trouve des fragments verts composés de pyroxène, de sahlite, avec grains de péridot, à veines serpentineuses. Les roches à péridot semblent donc, selon toute vraisemblance, les roches mères du platine. Cette hypothèse est justifiée par d'autres observations.

C'est ainsi que, dans le district de *Miask*, où le platine se trouve dans des sables aurifères, les parties les plus riches en platine reposent sur la serpentine. De même, aux sources de la rivière *Miass*, près des *Monts Narali* qui sont formés de roches serpentineuses, les sables aurifères contiennent une quantité assez considérable de platine : en aval de cette rivière, à mesure que les roches serpentineuses disparaissent, la proportion de platine diminue, peu à peu, jusqu'à zéro.

Il y a cependant, dans l'Oural, des sables aurifères intimement liés avec des roches serpentineuses et ne contenant presque pas

[1] Daubrée. *Géol. experim.*, p. 547. Dans une communication à l'Institut du 23 janvier 1893, on a signalé, comme un fait nouveau, la découverte d'un fragment de roche renfermant un grain de platine.

de platine : ce qui tient, sans doute, à ce que les serpentines ne sont pas toujours platinifères.

Enfin, il faut constater qu'une certaine proportion du platine (il est vrai, assez minime), ne provient certainement pas de roches à serpentine, mais des mêmes gisements que l'or. C'est ainsi qu'on en a trouvé des parcelles dans le quartz des mines d'or de Bérésowsk, dans les produits du broyage et du lavage de la bérézite. C'est une origine que nous rencontrerons également en Colombie.

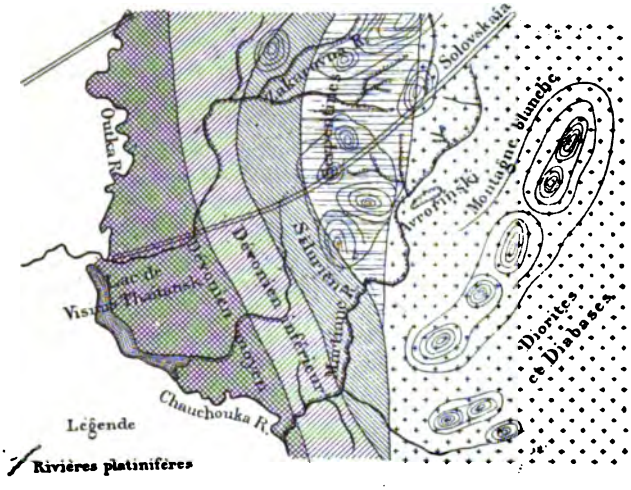



Fig. 390. — Carte de la région platinifère d'Avrorinski (district de Nijni Taguil) (d'après M. Laurent).

Enfin, M. Engelhardt en a trouvé dans une porphyrite.

Au point de vue industriel, nous citerons, d'après M. Laurent, les laveries d'Avrorinski, sur la Martiane (Nijni Taguil).

A Avrorinski, la couche platinifère, de 4 à 5 mètres de puissance, repose sur un conglomérat serpentineux et est recouverte par 23 mètres de stérile. La teneur moyenne en platine est de $5^{gr},834$ à la tonne et atteint localement jusqu'à 260 grammes.

L'exploitation est conduite sur 2 kilomètres de long et 20 à 60 mètres de large ; elle occupe jusqu'à 400 ouvriers. Les travaux sont souterrains et faits au moyen de puits d'une vingtaine de mètres de profondeur, distants les uns des autres de 24 mètres. Le lavage s'exécute à l'auge sibérienne. En 1887, on a obtenu

près de 1 000 kilogrammes de platine; le prix de revient a été de 285 francs, le prix de vente de 646 francs.

*Bibliographie.*

1828. Berzélius. — Poggendorf Annalen, t. XIII, p. 564.
1829. Engelhardt. — Journ. d. mines, t. II, p. 332, t. III, p. 61.
1832. Sokolow. — Traité de minéralogie, t. II, p. 617.
1836. Siwkrow. — Journ. de mines, t. III, p. 225.
1840. Karpinsky. — Journ. d. mines, p. 223.
1841. Chtchourowski. — L'Oural, p. 315.
1846. Le Play. — (C. R., t. XIX, p. 853.)
1845. Murchison. — Geology of the Ural Monntains, London.
Helm. — Trav. de la Soc. minéralog. de Saint-Pétersbourg, t. II, p. 78, t. II, p. 101.
Mouchin. — Reise nach Ural, t. II, p. 386.
Koksharow. — Materialen sur Mineralogie Russlands, t. V, p. 379.
Murchison, de Verneuil and Keyserling. — Geology of Russia, t. I, p. 483.)
1860. Antipow. — Journ. d. mines, t. I, p. 497.
Daubrée. — (C. R., t. LXXX, p. 526, 707.)
1875. Descloiseaux. — Sur une roche associée au platine. (C. R., t. LXXX, p. 795.)
1875. Daubrée. — Assoc., dans l'Oural, du platine natif à des roches à base de péridot. (*B. S. G.*, 3e, t. III, p. 311.)
* 1878. Richesses minérales de la Russie d'Europe, p. 82.
1879. Groddeck, p. 372.
* 1882. Daubrée. — Géol. expér., p. 119, 128 et 547.
* 1890. Laurent. — Sur l'Industrie de l'or et du platine dans l'Oural. (*Ann. d. M.*, nov. 1890.)

**Colombie**[1]. — C'est en Colombie, nous l'avons dit, dans les provinces de Choco et de Barbacoas, que l'on a d'abord trouvé le platine. D'après Boussingault, il proviendrait là de filons de quartz aurifère traversant des syénites. On le rencontre, dans un sable brun, avec de l'or natif du fer chromé, du fer titané et de la magnétite.

Certains minerais de Colombie contiennent plus de 3 p. 100 de rhodium, qui reste dans l'eau mère du minerai de platine, après la précipitation de ce métal, par le sel ammoniac, avec le palladium.

[1] Boussingault. *Ann. de chimie,* XXXII, p. 209.
1827. Neues Jahrb. f. Mineral, 1827, p. 177 et 1828, p. 564.
1879. Groddeck, p. 372.

D'après Deville et Debray, le minerai de Barbacoas contient :

| | |
|---|---|
| Platine | 89,02 |
| Fer | 5,00 |
| Rhodium | 3,46 |
| Palladium | 1,06 |
| Iridium | 1,46 |
| Cuivre | traces |

**Bornéo, etc.** — Le platine a été trouvé, également associé à l'or, dans un grand nombre de pays, en particulier à *Bornéo*, d'où il en vient aujourd'hui environ 250 kilogrammes par an; dans la Caroline du Nord, à San Domingo, au Brésil, dans l'Italie, aux Etats-Unis, en Nouvelle-Zélande, etc.

On en a signalé des grains dans les grès du keuper de Hormer Hill, en Shropshire, où l'on suppose qu'il provient des roches cristallines anciennes du North Wales.

A *Bornéo*[1], le platine a été découvert, en 1831, avec de l'osmiure d'iridium et de l'or, dans des alluvions. Il est accompagné de fragments de serpentine, de gabbro et de diorite.

Il résulte des études de M. l'ingénieur des mines Verbeek sur le district de Riam Kivu et de Riam Kanan que, dans cette région, des roches schisteuses cristallines, entre autres l'itacolumite, sont traversées par des roches éruptives, gabbro et serpentine, qui coupent aussi le terrain éocène. Outre des cristaux de diallage et du fer chromé qui y abondent, la serpentine renferme très fréquemment du péridot.

**Nouvelle-Zélande**[2]. — Les conditions du gisement de la Nouvelle-Zélande sont très analogues à celles de l'Oural. Le platine, ainsi que l'osmiure d'iridium, a été rencontré dans la rivière Tayaka, à proximité des massifs d'une roche très remarquable formée, en

[1] 1858. Leonhards, Jahrbuch, p. 449.
1875, Jaarbok Van et Nijnwezen, im Ost Indie, 1re partie, p. 1.
Poggendorfs Annalen, t. CIII, p. 656.
Daubrée, Géol. expér., p. 552.

[2] Von Hochstetter, New Zealand, p. 107.
Daubrée, Géol. expérim., p. 551.

grande partie, de péridot, que M. de Hochstetter a découverte dans la chaîne de Dun et qu'il a appelée *dunite.*

En même temps que le platine, on trouve du fer chromé massif, associé avec un diallage généralement vert, qui peut passer à la serpentine. Ce gisement n'a pas, jusqu'ici, d'importance industrielle.

M. Daubrée a appelé l'attention sur l'analogie entre les roches à platine et les *roches météoriques*, à base de péridot, qui contiennent également du fer chromé, par exemple la météorite de Chassigny (Haute-Marne), tout à fait analogue à la gangue du platine de Nijni Taguil. Cette ressemblance est confirmée par la présence, dans le platine mapétipolaire de l'Oural, d'un peu de nickel. Selon M. Daubrée, la roche mère du platine représenterait une scorification des masses profondes du globe.

A cette description des gîtes du platine, nous ajouterons seulement quelques mots sur les usages restreints des métaux de la même famille extraits des mêmes gisements : palladium, iridium, rhodium, ruthénium, osmium.

## PALLADIUM

Le palladium a été découvert par Wollaston, en 1803, et étudié par Berzélius; c'est un métal blanc, intermédiaire, par sa couleur et son éclat, entre l'argent et le platine, le plus fusible de tous les métaux de la famille du platine.

On l'utilise, soit pur, soit allié à un peu d'or, pour faire des cercles divisés d'instruments d'astronomie. L'argent, en raison de sa blancheur, est plus propre que tout autre métal à cet emploi; mais il jaunit et noircit rapidement à l'air, tandis que le palladium ne s'altère pas.

Le cercle mural de l'Observatoire de Grenwich est en palladium pur; celui de Paris contient un peu d'or.

Les dentistes font usage d'un alliage contenant 9 parties de palladium pour 1 partie d'argent. Ils emploient également un amalgame de palladium.

Le palladium a été, d'abord, retiré du platine de Choco (Co-

lombie), qui en contient 1/2 p. 100 environ. Il existe dans tous les autres minerais du platine ; on le trouve aussi, à l'état natif et combiné avec l'or, dans les sables aurifères du Brésil. Un alliage naturel d'or et palladium contient jusqu'à 25 p. 100 de palladium. Un autre minerai, connu sous le nom d'oro pudre, renferme 10 p. 100 de palladium avec 86 d'or et 4 d'argent.

## IRIDIUM

Ce métal a été découvert, dans la mine de platine, par Tennant, en 1803, en même temps que l'osmium, avec lequel il est combiné à l'état d'osmiure d'iridium.

C'est un métal d'un blanc d'étain très dur et très lourd. On l'a employé longtemps, en raison de sa dureté, pour garnir le bout des plumes d'or.

Dernièrement, on a essayé de s'en servir pour appointer les burins employés dans les machines à percer les roches.

L'iridium entre dans la composition des mètres internationaux. Les alliages de platine et d'iridium, contenant de 10 à 15 p. 100 d'iridium, sont beaucoup plus durs que le platine pur, mais se travaillent à la forge et à la filière, comme l'acier de meilleure qualité, dont ils ont toute l'élasticité. On peut en façonner des vases, qui résistent, bien mieux que le platine pur, à l'action de l'eau régale ou de l'acide sulfurique concentré.

## RHODIUM

Le rhodium a été découvert par Wollaston, en 1803, en même temps que le palladium.

On l'obtient en précipitant, par le fer, les eaux mères du platine, d'où on a extrait, ou non, le palladium.

Le rhodium, comme l'iridium, donne au platine de la dureté, de l'élasticité et peut être employé à la confection d'alliages plus précieux que le platine pur.

## RUTHÉNIUM

Le ruthénium a été découvert dans la mine de platine par Claus en 1846. Tout récemment (mars 1893), M. Joly est arrivé à en produire 3 kilogrammes au moyen du four électrique. Nous ne lui connaissons pas d'application.

## OSMIUM

L'osmium a été découvert, en 1803, par Tennant.

Les naturalistes emploient la solution d'acide osmique au centième pour étudier le système nerveux des animaux inférieurs. La substance des nerfs noircit en réduisant l'acide étendu que les autres tissus altèrent peu.

### *Bibliographie du platine.*

1855. Gueymard. — Sur le platine des Alpes. (*B. S. G.*, 2e, t. XII, p. 429.)

1875. Daubrée. — Association du platine natif à des roches à base de péridot. (*B. S. G.*, 3e, t. III, p. 311, et *Géol. expér.*, p. 19, 128, 547.)

Kunz. — Report of the Eleventh Census. (Mineral Industries in the United States.)

1881. Chaper. — Nord de l'Oural. (*B. S. G.*, 3e, t. VIII, p. 130.)

FIN

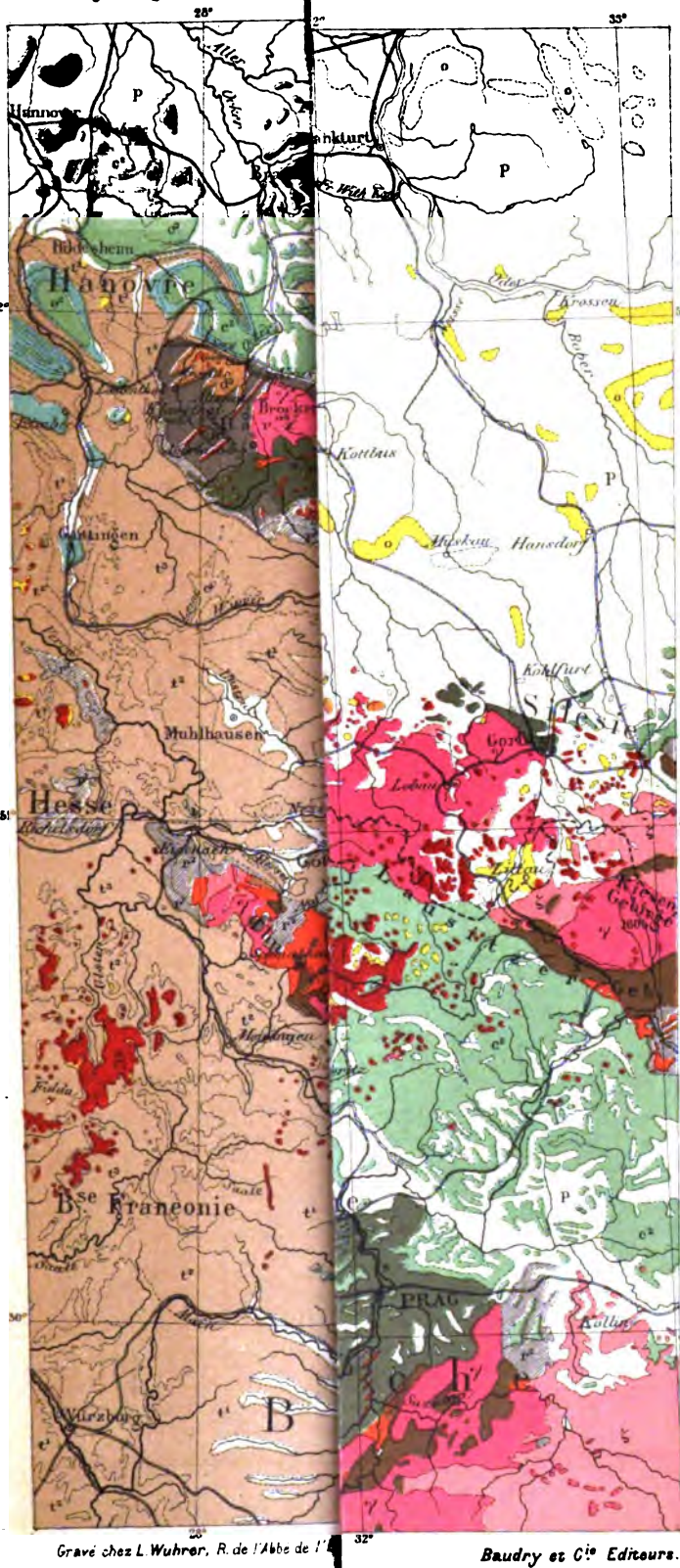
# PLANCHE II

## CARTE GÉOLOGIQUE ET MINIÈRE DE L'ALLEMAGNE CENTRALE

INDEX ALPHABÉTIQUE DES PRINCIPAUX NOMS MENTIONNÉS SUR LA CARTE

(Les chiffres renvoient aux degrés de longitude et de latitude figurés sur la carte.)


| | LONGITUDE | LATITUDE | | LONGITUDE | LATITUDE |
|---|---|---|---|---|---|
| Altenau | 28-29 | 51-52 | Lausitzergebirge | 32-33 | 50-51 |
| Altenberg (*étain*) | 31-32 | 50-51 | Lautenthal | 27-28 | 51-52 |
| Anhalt | 29-30 | 51-52 | Lehrte | 27-28 | 52-53 |
| Andreasberg (*plomb*) | 28-29 | 51-52 | Leipzig | 30-31 | 51-52 |
| Annaberg (*cobalt*) | 30-31 | 50-51 | Leumeritz | 31 32 | 50-51 |
| Artern | 28-29 | 51-52 | Littau | 32-33 | 50-51 |
| Aussig | 31-32 | 50-51 | Lobau | 32-33 | 51-52 |
| Bamberg | 28-29 | 49-50 | Lübben | 21-32 | 51-52 |
| Beraun | 31-32 | 49-50 | Magdeburg | 29-30 | 52-53 |
| Berlin | 31-32 | 52-53 | Mansfeld (*cuivre*) | 29-30 | 51-52 |
| Bohmerwald | 30-31 | 49-50 | Marienbad (*eau thermale*) | 30-31 | 49-50 |
| Braunschweig | 28-29 | 52-53 | Marienberg (*étain, cobalt*) | 30-31 | 50-51 |
| Brocken | 28-29 | 51-52 | Meiningen | 28-29 | 50-51 |
| Buchholz (*étain*) | 30-31 | 50-51 | Meissen | 31-32 | 51-52 |
| Chemnitz | 30-31 | 50-51 | Mies (*plomb*) | 30-31 | 49-50 |
| Coburg | 28-29 | 50-51 | Mulhausen | 28-29 | 51-52 |
| Dessau | 29-30 | 51-52 | Muskau | 32-33 | 51-52 |
| Dresden | 31-32 | 51-52 | Nesse | 28-29 | 51-52 |
| Egeln | 29-30 | 51-52 | Neustadt | 28-29 | 51-52 |
| Ehrenfriedersdorf (*étain*) | 30-31 | 50-51 | Nordhausen | 28-29 | 51-52 |
| Eibenstock (*étain*) | 30-31 | 50-51 | Oberharz | 28-29 | 51-52 |
| Eisenach | 27-28 | 50-51 | Pilsen | 31-32 | 49-50 |
| Eisleben | 29-30 | 51-52 | Pirna | 31-32 | 50-51 |
| Elbingerode (*fer*) | 28-29 | 51-52 | Platten (*étain*) | 30-31 | 50-51 |
| Erfurt | 28-29 | 50-51 | Plauen | 29-30 | 50-51 |
| Erzgebirge (*plomb*) | 30-31 | 50-51 | Potsdam | 30-31 | 52-53 |
| Falterlebon | 28-29 | 52-53 | Prag | 32-33 | 49-50 |
| Fichtelgebirge | 29-30 | 50-51 | Przibram (*plomb*) | 31-32 | 49-50 |
| Flöhe | 30-31 | 50-51 | Rammelsberg (*cuivre*) | 28-29 | 51-52 |
| Frankenwald | 29-30 | 50-51 | Riesa | 30-31 | 51-52 |
| Frankfurt | 32-33 | 52-53 | Riesengebirge | 32-33 | 50-51 |
| Freiberg (*plomb*) | 31-32 | 50-51 | Richelsdorf | 27-28 | 50-51 |
| Fulda | 27-28 | 50-51 | Rochtitz | 30-31 | 51-52 |
| Furstenwalde | 31-32 | 52-53 | Rothen | 29-30 | 51-52 |
| Geyer (*étain*) | 30-31 | 50-51 | Ruderdof | 31-32 | 52-53 |
| Gotha | 28-29 | 50-51 | Saalfeld | 29-30 | 50-51 |
| Gottingen | 27-28 | 51-52 | Saatz | 31-32 | 50-51 |
| Gorlitz | 32-33 | 51-52 | Schauebeck | 29-30 | 51-52 |
| Goslar | 28-29 | 51-52 | Schmalkalden | 28-29 | 50-51 |
| Graupen (*étain*) | 31-32 | 50-51 | Schneeberg (*cobalt, argent*) | 30-31 | 50-51 |
| Halberstadt | 28-29 | 51-52 | Schoppenstadt | 28-29 | 52-53 |
| Halle | 29-30 | 51-52 | Seifen (*étain*) | 31-32 | 50-51 |
| Hannover | 27-28 | 52-53 | Sperenberg (*sondage*) | 31-32 | 52-53 |
| Helmstadt | 28-29 | 52-53 | Staasfurt (*sel*) | 29-30 | 51-52 |
| Hildesheim | 27-28 | 52-53 | Teplitz (*eau thermale*) | 31-31 | 50-51 |
| Hof | 29-30 | 50-51 | Thuringerwald | 28-29 | 50-51 |
| Ilfeld (*manganèse*) | 28-29 | 51-52 | Torgau | 30-31 | 51-52 |
| Iller | 28-29 | 51-52 | Unterharz | 28-29 | 51-52 |
| Ilmenau | 28-29 | 50-51 | Weimar | 28-29 | 50-51 |
| Joachimsthal (*plomb*) | 30-31 | 50-51 | Weissenfels | 29-30 | 51-52 |
| Johann Georgenstadt (*étain*) | 30-31 | 50-51 | Weisseritz | 31-32 | 50-51 |
| Karlsbad (*eau thermale*) | 30-31 | 50-51 | Weld | 31-32 | 51-52 |
| Kladno | 31-32 | 50-51 | Wittenberg | 30-31 | 51-52 |
| Klausthal (*plomb*) | 27-28 | 51-52 | Würzburg | 27-28 | 49-50 |
| Kohlfurt | 32-33 | 51-52 | Zinnwald (*étain*) | 31-32 | 50-51 |
| Komorau (*fer*) | 31-32 | 50-51 | Zwickau | 30-31 | 50-51 |
| Königswart | 30-31 | 50-51 | | | |
| Lambert | 27-28 | 51-52 | | | |
| Lana | 31-32 | 50-51 | | | |




## LÉGENDE

**Tertiaire**

- p — Pliocène
- m — Miocène
- o — Oligocène
- e — Eocène

**Crétacé**

- $c^1$ *Sénonien, Turonien, Cénomanien*
- $c^2$ *Gault et Néocomien*

**Jurassique**

- w *Wealdi*
- j *Jurassique*
- l *Lias*

**Trias**

- $t^1$ *Keuper*
- $t^2$ *Muschelkalk*
- $t^3$ *Grès bigarré*

**Permien**

- $r^1$ *Zechstein*
- $r^2$ *Rothliegende*

**Carbonifère**

- h

**Dévonien**

- $d^1$ *Dévonien sup. (calc. à cypridines)*
- $d^2$ *Dévonien moy. (calc. à Stringocéphales)*
- $d^3$ *Dévonien inf. (couches à spirifères)*

**Silurien**

- s

**Précambrien**

- x

**Gneiss et Micaschiste**

- ξ

**Granite, Granulite et Syénite**

- γ

**Microgranulites et Porphyres**

- Γ

**Gabbro, Mélaphyre, Serpentine, Diorite**

- δ

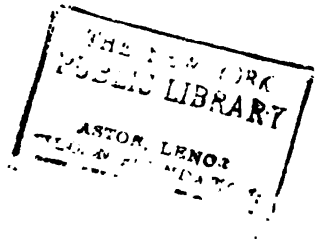
**Basalte**

- β

*Le postpliocène a été laissé en blanc* (p)

*Gravé chez L. Wuhrer, R. de l'Abbe de l'E*

*Baudry et Cie Editeurs.*


PUBLIC LIBRARY
ASTOR, LENOX

# CATALOGUE DE LIVRES

DE

# GÉOLOGIE ET DE MINÉRALOGIE

PUBLIÉS PAR

LA LIBRAIRIE POLYTECHNIQUE, BAUDRY ET Cie

15, RUE DES SAINTS-PÈRES, A PARIS

*Le catalogue complet est envoyé franco sur demande.*

## Traité de minéralogie.

Traité de minéralogie à l'usage des candidats à la licence ès sciences physiques et des candidats à l'agrégation des sciences naturelles, par WALLERANT, professeur à la Faculté des Sciences de Rennes. 1 volume grand in-8°, avec 341 figures dans le texte. . . . . 12 fr. 50

## Les Minéraux des roches.

Les minéraux des roches. 1° Application des méthodes minéralogiques et chimiques à leur étude microscopique, par A. MICHEL LÉVY, ingénieur en chef des mines. 2° Données physiques et optiques, par A. MICHEL LÉVY et LACROIX. 1 volume grand in-8°, avec de nombreuses figures dans le texte et une planche en couleur . . . . . 12 fr. 50

## Tableaux des minéraux des roches.

Tableaux des minéraux des roches. Résumé de leurs propriétés optiques, cristallographiques et chimiques, par MICHEL LÉVY et LACROIX. 1 volume in-4, relié . . . . . 6 fr. »

## Roches éruptives.

Structures et classification des roches éruptives, par A. MICHEL LÉVY, ingénieur en chef des mines. 1 volume grand in-8°. . . . . 5 fr. »

## Minéralogie de la France.

Minéralogie de la France et de ses colonies. Description physique et chimique des minéraux, étude des conditions géologiques de leurs gisements, par A. LACROIX. 1re *partie du tome* Ier. 1 volume grand in-8°, avec de nombreuses figures dans le texte. . . . . 15 fr. »

NOTA. La 2e partie du Tome Ier sera mise en vente dans le milieu de l'année 1893. Le Tome II et dernier, paraîtra avant la fin de 1894.

### Les Méthodes de synthèse en minéralogie.

Les méthodes de synthèse en minéralogie. Les productions spontanées des minéraux contemporains. — Les synthèses accidentelles. — Les synthèses rationnelles : les méthodes de la voie sèche ; les méthodes de la voie mixte ; les méthodes de la voie humide. Cours professé au Muséum d'histoire naturelle, par STANISLAS MEUNIER. 1 volume grand in-8°, avec figures dans le texte . . . . . 12 fr. 50

### Géologie appliquée.

Géologie appliquée à l'art de l'ingénieur, par E. NIVOIT, ingénieur en chef des mines, professeur à l'Ecole des ponts et chaussées. 2 volumes grand in-8°, avec de nombreuses figures dans le texte. . . . . 40 fr. »

### Géologie appliquée à l'agriculture.

Applications de la géologie à l'agriculture, par BURAT. 1 volume in-16 . . . . . 1 fr. 50

### Géologie de la France.

Géologie de la France, par BURAT, ingénieur, professeur à l'Ecole centrale des arts et manufactures. 1 volume grand in-8°, avec de nombreuses figures intercalées dans le texte. . . . . 16 fr. »

### Géologie de la Bohême.

Géologie de la Bohême, par J. DE MORGAN. 1 volume in-8°, avec 39 figures dans le texte, 7 planches tirées hors texte et 4 cartes géologiques en couleur, cartonné. . . . . 20 fr. »

### Carte minière de la France.

Carte minière de la France, par A. CAILLAUX, imprimée en 18 couleurs. Prix : en feuille, 20 fr. ; collée sur toile et pliée. . . . . 25 fr. »

### Filons d'or de la Guyane française.

Les filons d'or de la Guyane française. — Formation géologique. — Travaux de recherche. — Conséquence de l'exploitation filonienne, par L. FERNAND VIALA, ingénieur civil des mines, ancien élève de l'Ecole polytechnique. 1 volume in-8°. . . . . 5 fr. »

### Phosphates de chaux.

Les phosphates de chaux naturels; recherche des gisements, essais chimiques, extraction, emplois dans l'industrie, phosphates industriels superphosphates, par PAUL HUBERT. 1 volume grand in-8°, avec figures dans le texte . . . . . 3 fr. 50

### Mont-Blanc.

Le massif du Mont-Blanc, étude sur sa constitution géodésique et géologique, sur ses tranformations et sur l'état ancien et moderne de ses glaciers, par VIOLLET-LE-DUC. 1 volume in-8°, avec 112 figures dans le texte . . . . . 10 fr. »

### Carte du Mont-Blanc.

Carte du massif du Mont-Blanc, dressée au 1/40,000e, par E. VIOLLET-LE-DUC, 4 feuilles imprimées en 12 couleurs . . . . . 10 fr. »
Collée sur toile et en étui . . . . . 17 fr. »
Collée sur toile, montée sur rouleaux et vernie . . . . . 20 fr. »

---

## PUBLICATIONS DU SERVICE
DE LA
## CARTE GÉOLOGIQUE DÉTAILLÉE DE LA FRANCE
(Ministère des Travaux publics.)

### Carte géologique de la France au 80 millième.

Carte géologique détaillée de la France à l'échelle du 80 millième publiée par le ministère des Travaux publics, comprenant 267 feuilles de 94 centimètres sur 72 centimètres.

PRIX DE CHAQUE FEUILLE ACCOMPAGNÉE DE SA NOTICE EXPLICATIVE

En feuilles . . . . . 6 fr. »
Collée sur toile et pliée . . . . . 10 fr. »

*Le tableau d'assemblage donnant l'état d'avancement de la carte sera envoyé franco sur demande.*

### Carte géologique de la France au millionième.

Carte géologique de la France à l'échelle du millionième exécutée en utilisant les documents publiés par le service de la carte géologique détaillée de la France par un comité composé de MM. Barrois, Bergeron, Bertrand, Depéret, Fabre, Fontannes, Fouqué, Gosselet, Jacquot, Lecornu, Lory, Michel Lévy, Potier et Vélain, sous la direction de MM. JACQUOT, inspecteur général des mines, et MICHEL LÉVY, ingénieur en chef des mines, 4 feuilles de 65 centimètres sur 60 centimètres, imprimées, en 41 couleurs.

Prix : Collée sur toile et pliée . . . . . 15 fr. »
Collée sur toile, montée sur rouleaux et vernie . . . . . 20 fr. »
En feuilles . . . . . 9 fr. 50

### L'Ardenne.

L'Ardenne, par J. GOSSELET, professeur de géologie à la Faculté des sciences de Lille. 1 volume in-4° contenant 26 planches en héliogravure tirées en taille-douce, 243 figures intercalées dans le texte et 11 planches de cartes et de coupes géologiques . . . . . 50 fr. »

### Le pays de Bray.

Le pays de Bray, par A. DE LAPPARENT, ingénieur au corps des mines. 1 volume in-4°, avec 20 figures intercalées dans le texte et 4 planches de cartes . . . . . 7 fr. 25

## Carte géologique des environs de Paris.

Carte géologique des environs de Paris à l'échelle du 40 millième, publiée par le ministère des Travaux publics, comprenant 4 feuilles de 84 centimètres sur 64 centimètres chacune.

Prix : En feuilles . . . . . 15 fr. »
Collée sur toile en 4 feuilles et pliée . . . . . 25 fr. »
Collée sur toile, montée sur rouleaux et vernie . . . . 30 fr. »

## Notice sur la carte géologique des environs de Paris.

Notice sur une nouvelle carte géologique des environs de Paris, par GUSTAVE DOLLFUS. 1 volume grand in-8°, avec 2 planches . . . 7 fr. 50

## Carte géologique de l'Algérie.

Carte géologique de l'Algérie à l'échelle du 800 millième, publiée par le minsitère des Travaux publics, sous la direction de MM. POMEL, directeur de l'Ecole supérieure des sciences d'Alger et POUYANNE, ingénieur en chef des mines, 4 feuilles de 78 centimètres sur 58 centimètres, accompagnées d'un volume in-4°.

Prix : Collée sur toile et pliée . . . . . 21 fr. »
Collée sur toile, montée sur rouleaux et vernie . . . 26 fr. »
En feuilles . . . . . 15 fr. »

## Bulletin de la carte géologique de la France.

Bulletin des services de la carte géologique de la France et des Topographies souterraines (ministère des Travaux publics), publié sous la direction de MICHEL LÉVY, ingénieur en chef des mines, avec le concours des professeurs, des géologues et des ingénieurs qui collaborent à la Carte géologique détaillée de la France et aux topographies souterraines publiées par le ministère des Travaux publics.

Ce Bulletin paraît depuis le mois d'août 1889 par fascicules contenant chacun un mémoire complet, dont la réunion forme chaque année un beau volume grand in-8°, accompagné d'un grand nombre de planches et avec de nombreuses figures intercalées dans le texte.

Prix de l'abonnement . . . . . 20 fr. »
Prix de l'année paruc . . . . . 20 fr. »

Nous avons fait tirer à part un certain nombre d'exemplaires de chacun des bulletins destinés à être vendus séparément, aux prix suivants :

LISTE DES BULLETINS PARUS :

### Le Mont Pilat et le Plateau central.

N° 1. Étude sur le massif cristallin du Mont Pilat, sur la bordure orientale du Plateau central, entre Vienne et Saint-Vallier, et sur la prolongation des plis synclinaux houillers de Saint-Etienne et Vienne, par TERMIER, ingénieur des mines, professeur à l'Ecole de Saint-Etienne. 1 brochure grand in-8° avec 28 figures dans le texte et 2 planches . . . . 3 fr. 75

**Les Environs de Lyon.**

N° 2. Note sur les terrains d'alluvions des environs de Lyon, par DELAFOND, ingénieur en chef des mines. 1 brochure grand in-8°, avec 1 planche . . . . . 1 fr. 25

**Les Pyrénées de l'Aude.**

N° 3. Note sur l'existence des phénomènes de recouvrement dans les Pyrénées de l'Aude, par L. CAREZ, docteur ès sciences naturelles. 1 brochure grand in-8°, avec 1 planche. . . . . 1 fr. 25

**Les roches primitives de la feuille de Brive.**

N° 4. Note sur les roches primitives de la feuille de Brive, par L. DE LAUNAY, ingénieur des mines. 1 brochure grand in-8°, avec 6 figures dans le texte . . . . . 0 fr. 75

**Bassin tertiaire de Marseille.**

N° 5. Notes stratigraphiques sur le bassin tertiaire de Marseille, par CH. DEPÉRET, professeur à la Faculté des sciences de Lyon. 1 brochure grand in-8°, avec 6 figures dans le texte . . . . . 1 fr. 50

**Les environs d'Annecy, la Roche, Bonneville, etc.**

N° 6. Note sur la géologie des environs d'Annecy, la Roche, Bonneville, et de la région comprise entre le Buet et Sallanches (Haute-Savoie), par G. Maillard, conservateur du musée d'Annecy. 1 volume grand in- 8°, avec 9 planches . . . . . 5 fr. 25

**Les éruptions du Menez-Hom (Finistère).**

N° 7. Mémoire sur les éruptions diabasiques siluriennes du Menez-Hom (Finistère), par CH. BARROIS, professeur adjoint à la Faculté des sciences de Lille. 1 volume grand in-8°, avec 23 figures dans le texte et 1 planche . . . . . 4 fr. »

**Le nord de la France et le bassin de Paris.**

N° 8. Relations entre les sables de l'éocène inférieur dans le nord de la France et dans le bassin de Paris, par J. GOSSELET, professeur à la Faculté des sciences de Lille, membre correspondant de l'Institut. 1 volume grand in-8°, avec 7 figures dans le texte. . . . . 0 fr. 75

**Les roches des environs du Mont-Blanc.**

N° 9. Etude sur les roches cristallines et éruptives des environs du Mont-Blanc, par MICHEL LÉVY, ingénieur en chef des mines, directeur du service de la carte géologique de la France. 1 brochure grand in-8°, avec 4 planches en photogravure, une planche de coupes et des figures dans le texte. . . . . 2 fr. 50

**Le Plateau central entre Tulle et Saint-Céré**

N° 10. Etude sur la stratigraphie du plateau central entre Tulle et Saint-Céré, par MOURET, ingénieur des ponts et chaussées. 1 brochure grand in-8°, avec une planche de coupes et une carte géologique. . . 2 fr. 75

**Les roches de l'Ariège et de l'Auvergne.**

N° 11. I. Contribution à l'étude des roches métamorphiques et éruptives de l'Ariège (feuille de Foix). II Sur les enclaves acides des roches volcaniques de l'Auvergne, par A. LACROIX, préparateur au Collège de France, 1 brochure grand in-8°, avec 12 figures dans le texte. . . . . 3 fr. »

**Terrains Bressans. — Bassins de Blanzy et du Creusot.**

N° 12. I. Nouvelle subdivision dans les terrains Bressans. — II. Bassin de Blanzy et du Creusot, par DELAFOND, ingénier en chef des mines. 1 brochure grand in-8°, avec 17 figures dans le texte. . . . . 1 fr. 50

**Les éruptions du Velay.**

N° 13. Les éruptions du Velay. — I. Roches éruptives de Meygal. — II. Argiles métamorphosées par le phonolithe, à Saint-Pierre-Eynac, par P. THEMIER, ingénieur des mines, professeur à l'Ecoles des mines de Saint-Etienne. 1 broch. grand in-8°, avec 11 figures dans le texte. 1 fr. 50

**Le Bassin de Paris.**

N° 14. Recherches sur les ondulations des couches tertiaires dans le bassin de Paris, par GUSTAVE-F. DOLLFUS. 1 brochure grand in-8°, avec 16 figures dans le texte et une carte . . . . . 4 fr. 75

**Le Forez et le Roannais.**

N° 15. Note sur les formations géologiques du Forez et du Roannais, par LE VERRIER, ingénieur en chef des mines. 1 brochure grand in-8°, avec 40 figures dans le texte et 4 planches . . . . . 4 fr. 75

**La vallée d'Apt. — Le Pliocène à Théziers (Gard).**

N° 16. I. Note sur les sables de la vallée d'Apt, par KILIAN, de la Faculté des science de Grenoble, et F. LEENHARDT, de la Faculté de théologie protestante de Montauban. — II. Note sur la découverte de l'horizon Montaiguet à *Bulimus Hopei*, dans le bassin d'Apt, par DEPÉRET et LEENHARDT. — III. Note sur le Pliocène et sur la position stratigraphique des couches à congénéries de Théziers (Gard), par DEPÉRET, professeur à la Faculté des sciences de Lyon. 1 brochure grand in-8°, avec 10 figures dans le texte et 1 planche. . . . . 1 fr. 75

**La structure des Corbières.**

N° 17. Note sur la structure des Corbières, par EMM. DE MARGERIE. 1 brochure grand in-8°, avec 3 figures dans le texte et 1 planche. 2 fr. 50

**La chaîne de la Sainte-Beaume.**

N° 18. I. Note sur la continuation de la Chaîne de la Sainte-Beaume (feuille de Draguignan). — II, III, IV, V. Notes sur quelques points de la feuille de Castellane, par P. ZURCHER, ingénieur en chef des ponts et chaussées. 1 brochure grand in-8°, avec 22 figures dans le texte et 4 planches. 3 fr. 25

**Terrains tertiaires du Sud-Ouest.**

N° 19. Contribution à l'étude des terrains tertiaires du Sud-Ouest de la France, par G. VASSEUR professeur de géologie à la Faculté des sciences de Marseille. 1 brochure grand in-8°, avec 10 figures dans le texte. 0 fr. 75

**Le massif de la Vanoise.**

N° 20. Géologie et stratigraphie du massif de la Vanoise, par TERMIER, ingénieur des mines, professeur à l'école de Saint-Etienne. 1 volume grand in-8°, avec 58 figures dans le texte, une carte géologique et 9 planches. 10 fr. »

**Les Chaînes subalpines entre Gap et Digne.**

N° 21. Les chaînes subalpines entre Gap et Digne. Contribution à l'histoire géologique des Alpes françaises, par EMILE HAUG, docteur ès sciences, chef des travaux pratiques au laboratoire de géologie de la Faculté des sciences de Paris. 1 volume grand in-8°, avec figures dans le texte, une carte géologique et trois planches. 10 fr. »

**Les environs d'Annecy.**

N° 22. I. Note de M. Michel Lévy sur les derniers travaux de G. Maillard. — II, III. Note sur les diverses régions de la feuille d'Annecy, par G. MAILLARD. 1 brochure grand in-8°, avec 45 figures dans le texte. 2 fr. 50

**Géologie de l'Oise. — Le trias de l'Ariège.**

N° 23. II. Contribution à la géologie de l'Oise. Notice géologique de Beauvais, par H. THOMAS, contrôleur principal des mines, chef des travaux graphiques de la carte géologique de la France. — II. Note sur la trias de l'Ariège et de l'Aude, par C. DE LACTIVIER, proviseur du lycée de Montpellier. 1 brochure grand in-8°, avec 12 figures dans le texte. 1 fr. 50

**Le massif d'Allauch.**

N° 24. Le massif d'Allauch, au nord-ouest de Marseille, par M. BERTRAND, ingénieur en chef des mines, professeur de géologie à l'Ecole nationale des mines. 1 brochure grand in-8°, avec 28 figures dans le texte et 2 planches . . . . . 3 fr. 50

**La craie des Corbières.**

N° 25. Etude sur la craie supérieure. La craie des Corbières, par A. DE GROSSOUVRE, ingénieur en chef des mines. 1 brochure grand in-8°, avec 5 figures dans le texte . . . . . 0 fr. 75

**Les massifs du Chablais.**

N° 26. Etude sur les massifs du Chablais compris entre l'Arve et la Drance (Feuilles de Thonon et d'Annecy), par AUG. JACCARD, professeur de géologie à l'Académie de Neufchâtel. 1 brochure grand in-8°, avec 44 figures dans le texte. . . . . 2 fr. 25

**La chaîne des Aiguilles-Rouges.**

N° 27. Note sur la prolongation vers le sud de la chaîne des Aiguilles-Rouges (Montagnes du Pormenaz et du Prarion), par A. MICHEL-LEVY, ingénieur en chef des mines. 1 brochure grand in-8°, avec 18 figures dans le texte et 7 planches. . . . . 3 fr. 50

**Description géologique du Velay.**

N° 28. Description géologique du Velay, par MARCELLIN BOULE, agrégé de l'Université, docteur ès sciences. 1 volume grand in-8°. avec 80 figures dans le texte et 11 planches. . . . . 12 fr. »

**Contact du Jura méridional et de la zone subalpine.**

N° 29. Contact du Jura méridional et de la zone subalpine aux environs de Chambéry (Savoie), par M. HOLLANDE. 1 brochure grand in-8°, avec 23 figures dans le texte. . . . . 1 fr. 50

**La Vallée du Cher dans la région de Montluçon.**

N° 30. Etudes sur le Plateau central. — I. La Vallée du Cher dans la région de Montluçon, par L. DE LAUNAY, ingénieur des Mines, professeur à l'Ecole supérieure des mines. 1 brochure grand in-8°, avec 23 figures dans le texte et 6 planches. . . . . 3 fr. 50

**Les Ophites et les Lherzolites de l'Ariège.**

N° 31. Note sur la distribution géographique et sur l'âge géologique des ophites et des lherzolites de l'Ariège, par C. de LACVIVIER, proviseur du lycée de Montpellier. 1 brochure grand in-8°, avec une figure dans le texte. 0 fr. 75

**Le Môle et les collines de Faucigny.**

N° 32. Le Môle et les collines de Faucigny (Haute-Savoie), par MARCEL BERTRAND, ingénieur en chef des mines, professeur de géologie. 1 brochure grand in-8°, avec 27 figures dans le texte et une carte en couleur. 2 fr. 25

**Plissements siluriens du Cotentin.**

N° 33. Sur les plissements siluriens dans la région du Cotentin, par L. LECORNU, ingénieur des mines, maître de conférences à la Faculté des sciences de Caen. 1 brochure grand in-8°, avec 16 figures dans le texte. 1 fr. 50

## PUBLICATIONS DU SERVICE
DES
## TOPOGRAPHIES SOUTERRAINES
(Ministère des Travaux publics)

ÉTUDES DES GÎTES MINÉRAUX DE LA FRANCE

### Bassin houiller de la Loire.

Bassin houiller de la Loire, par L. GRUNER, inspecteur général des Mines. 2 volumes in-4°, et 1 atlas de 28 planches in-plano. . . . . 76 fr. »

### Bassin houiller de Valenciennes.

Bassin houiller de Valenciennes (partie comprise dans le département du Nord), par A. OLRY, ingénieur en chef des mines. 1 volume in-4°, et 1 atlas de 12 planches in-plano. . . . . 52 fr. »

### Bassins houillers de Brioude, Brassac et Langeac.

Bassin houiller de Brioude et de Brassac, par J. DORLHAC, ingénieur civil des mines, et Bassin houiller de Langeac, par AMIOT, ingénieur au corps national des mines. 1 volume in-4°, avec figures intercalées dans le texte et 1 atlas de 18 planches in-folio. . . . . 37 fr. 50

### Bassin houiller de Ronchamp.

Bassin houiller de Ronchamp, par E. TRAUTMANN, inspecteur général honoraire des mines. 1 volume in-4° et 1 atlas de 9 planches in-plano. 15 fr. 50

### Flore fossile du bassin houiller de Valenciennes.

Description de la flore fossile du bassin houiller de Valenciennes, par R. ZEILLER, ingénieur en chef des mines. 1 volume in-4°, avec 45 figures dans le texte et 1 carte en couleur, et 1 atlas in-4° contenant 94 planches de dessins faits d'après nature et lithographiés par C. CUISIN. 75 fr. 25

### Bassin houiller et permien d'Autun et d'Epinac.

Bassin houiller et permien d'Autun et d'Épinac. Fascicule premier. Stratigraphie par DELAFOND, ingénieur en chef des mines, avec 15 figures dans le texte, une planche et une carte géologique au 40 millième, par MICHEL LÉVY, DELAFOND et RENAULT. . . . . 12 fr. »

Fascicule II. Flore fossile (1re partie), par R. ZEILLER, ingénieur en chef des mines. 1 volume in-4° et 1 atlas in-4° de 27 planches . . . 30 fr. »

Fascicule III. Poissons fossiles, par le Dr SAUVAGE. 1 volume in-4°, avec 5 planches. . . . . 4 fr. »

## Bassin houiller et permien de Brive.

Bassin houiller et permien de Brive. Fascicule premier. **Stratigraphie**, par GEORGES MOURET, ingénieur en chef des ponts et chaussées. 1 volume in-4° avec 120 figures dans le texte, 2 planches et 1 carte géologique. — Fascicule II. Flore fossile, par R. ZEILLER, ingénieur en chef des mines. 1 volume in-4° avec 15 planches. Prix des 2 volumes. . . . . 30 fr. »

---

## Mémoires de paléontologie.

Mémoires de Paléontologie de la Société géologique de France, publiés sous la direction de MM. A. GAUDRY, membre de l'Institut, professeur de paléontologie au Muséum d'histoire naturelle; MUNIER-CHALMAS, maître de conférences à l'Ecole normale supérieure; DOUVILLÉ, professeur de paléontologie à l'Ecole des mines; ZEILLER, ingénieur en chef des mines, et J. BERGERON, docteur ès sciences.

Cette publication paraît depuis 1890 par fascicules trimestriels, et forme chaque année un beau volume grand in-4° contenant au minimum 20 planches.

ABONNEMENTS : Paris, 25 francs. — Départements, 28 francs. — Union postale, 30 francs. Prix de l'année parue. . . . . 40 fr. »

Nous avons fait tirer à part un certain nombre d'exemplaires de chacun des mémoires destinés à être vendus séparément aux prix suivants :

### Le Dryopithèque.

N° 1. Le Dryopithèque, par ALBERT GAUDRY, membre de l'Institut, professeur de paléontologie au Muséum d'histoire naturelle. 1 brochure in-4°, avec 1 planche . . . . . 2 fr. 50

### Les céphalopodes du Crétacé supérieur.

N° 2. Contribution à l'étude des Céphalopodes du Crétacé supérieur de France, par JEAN SEUNES. 2 brochures in-4°, avec 5 planches. . 7 fr. 50

### Les animaux pliocènes du Roussillon.

N° 3. Les animaux pliocènes du Roussillon, par CHARLES DEPÉRET, professeur à la Faculté des sciences de Lyon. — *En préparation.*

### Paléontologie du Sud Est de l'Espagne.

N° 4. Contributions à la Paléontologie du Sud-Est de l'Espagne, par RENÉ NICKLÈS, ingénieur civil des mines. 1 brochure in-4°, avec 4 planches. 6 fr. 50

### Le Nelumbium provinciale.

N° 5. Le Nelumbium provinciale, par G. DE SAPORTA, correspondant de l'Institut. 1 brochure in-4°, avec 3 planches. . . . . 3 fr. 75

**Les principales espèces d'hippurites.**

N° 6. Etudes sur les Rudistes. Revision des principales espèces d'hippurites, par H. DOUVILLÉ, ingénieur en chef des mines, professeur à l'Ecole nationale supérieure des mines. 2 brochures in-4°, avec 7 planches 12 fr. »

**Deux oiseaux du gypse parisien.**

N° 7. Description de deux oiseaux nouveaux du gypse parisien, par FLOT, docteur ès sciences. 1 brochure in-4°, avec 1 planche . . 2 fr. »

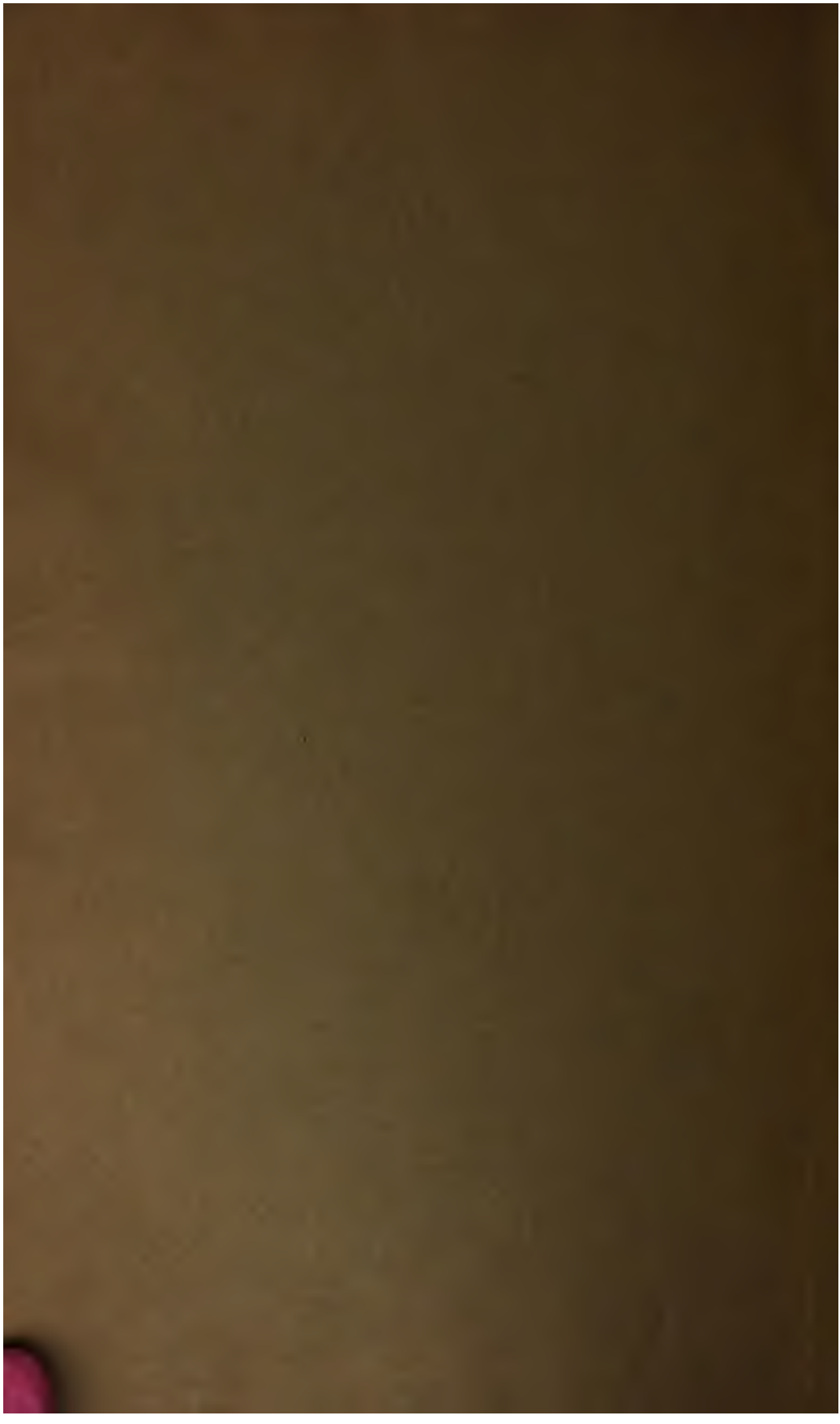
**Remarques sur les mastodontes.**

N° 8. Quelques remarques sur les mastodontes, à propos de l'animal du Cherichira, par ALBERT GAUDRY. 1 brochure in-4°, avec 2 planches 2 fr. 50

**La végétation du niveau aquitanien.**

N° 9. Recherches sur la végétation du niveau aquitanien de Manosque, par G. DE SAPORTA. 2 brochures in-4°, avec 20 planches. . . . 26 fr. 50

**Les Pythonomorphes de France.**

N° 10. Les Pythonomorphes de France, par ALBERT GAUDRY. 1 brochure in-4°, avec 2 planches. . . . . 4 fr. »

ÉVREUX, IMPRIMERIE DE CHARLES HÉRISSEY